

工業革命

The Industrial Revolution

英國工業革命(英國產業革命)

- 從西元1760年到1840年。
- 18世紀發源於英格蘭中部地區的工業革命影響了整個歐洲大陸，並帶動當時許多國家相繼發生工業革命。
- 嚴格來說，工業革命不能算是真正的革命，它沒有推翻任何的政權或階級，只是屬於社會、科技方面的急劇催化和發展。

三次工業革命的年代

- 第一次工業革命18世紀60年代-19世紀中。
- 第二次工業革命19世紀下半葉-20世紀初。
- 第三次工業革命20世紀四、五十年代到現在。

第一次工業革命始於西元1760年，一直持續到1840年。

- 在這一段時間裡，人類生產逐漸轉向新的製造過程，出現以機器取代人力和獸力的趨勢，以大規模的工廠生產取代個體工廠手工生產的一場生產與科技革命。



VS.



什麼是第一次工業革命？

- 第一次工業革命是指18世紀從英國發起的技術革命是技術發展史上的一次巨大革命，它開創了以機器代替手工勞動的時代。這不僅是一次技術改革，更是一場深刻的社會變革。
- 第一次工業革命以工作機的誕生開始，以蒸汽機作為動力機被廣泛使用。這一次技術革命和與之相關的社會關係的變革，被稱為第一次工業革命或者產業革命。
- 第一次工業革命使工廠制代替了手工工廠，用機器代替了手工勞動；從社會關係而言，工業革命使依附於落後生產方式的自耕農階級消失了，工業資產階級和工業無產階級形成和壯大起來。

什麼是第二次工業革命？

- 第二次工業革命是指19世紀中期，歐洲國家和美國、日本的資產階級革命或改革的完成，促進了經濟的發展。
- 19世紀70年代，開始第二次工業革命，人類進入了「電氣時代」。第二次工業革命極大的推動了社會生產力的發展，對人類社會的經濟、政治、文化、軍事，科技、和生產力產生了深遠的影響。
- 資本主義生產的社會化大大加強，壟斷組織應運而生。

什麼是第三次工業革命？

- 第三次科技革命是人類文明史上繼蒸汽技術革命和電力技術革命之後科技領域裡的又一次重大飛躍。
- 第三次科技革命以原子能、電子計算機、空間技術和生物工程的發明和應用為主要標誌，涉及信息技術、新能源技術、新材料技術、生物技術、空間技術和海洋技術等諸多領域的一場信息控制技術革命。

First

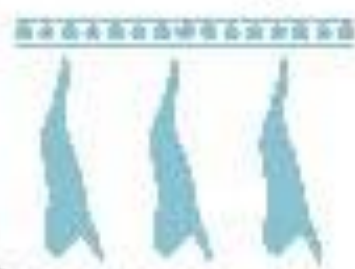
Industrial Revolution through the introduction of mechanical production facilities with the help of water and steam power



First mechanical loom, 1784

Second

Industrial Revolution through the introduction of a division of labor and mass production with the help of electrical energy



First assembly line
Cincinnati slaughter houses, 1870

Third

Industrial Revolution through the use of electronic and IT systems that further automate production



First programmable logic controller (PLC), Modicon 084, 1969

Fourth

Industrial Revolution through the use of cyber-physical systems



Degree of complexity



Time

1800

1900

2000

Today

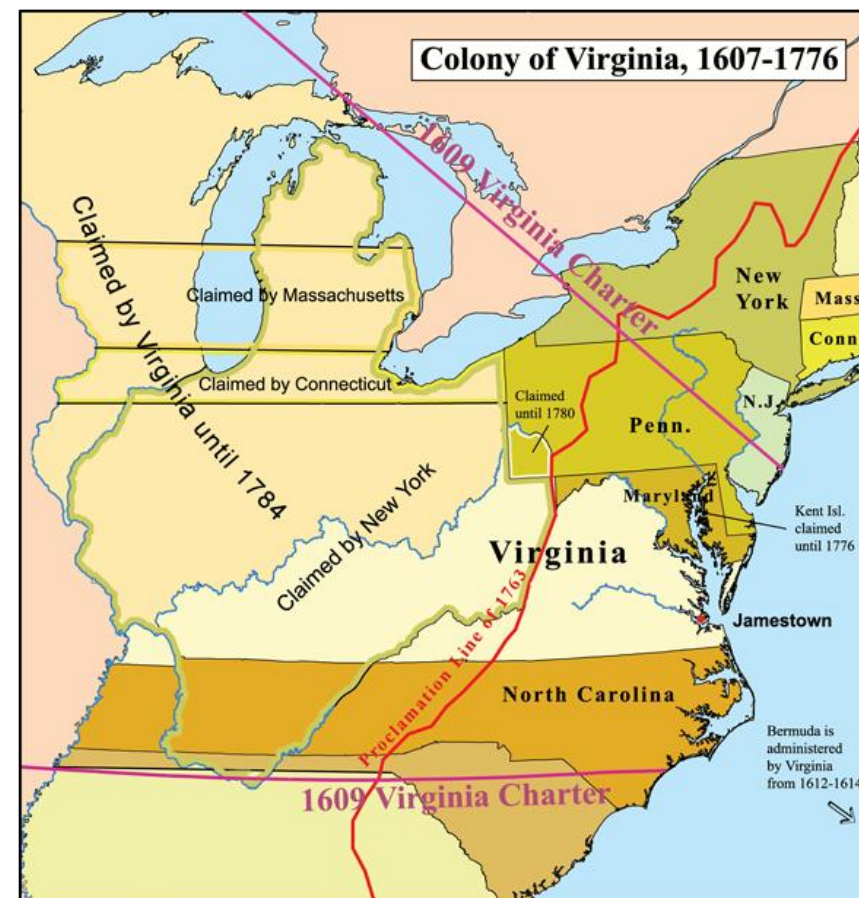
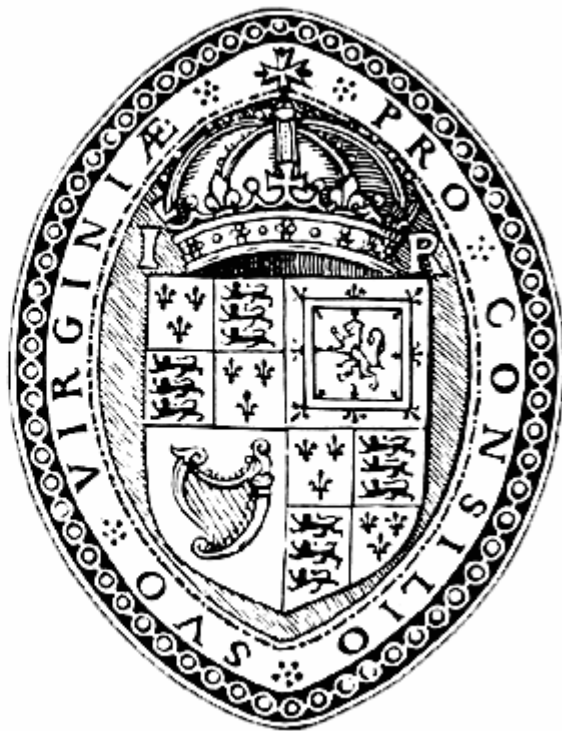
英國工業革命的背景

- 家庭工廠化
- 荷蘭人才(Netherlands Craftsmen)的流入
- 紡織業(textile industry)崛起
- 機械化工廠
- 蒸汽機(steam engine)問世
- 煤礦業(coal mining)崛起

1588年，英國戰勝西班牙的無敵艦隊(The Spanish Armada)，
排除通往美洲的障礙。

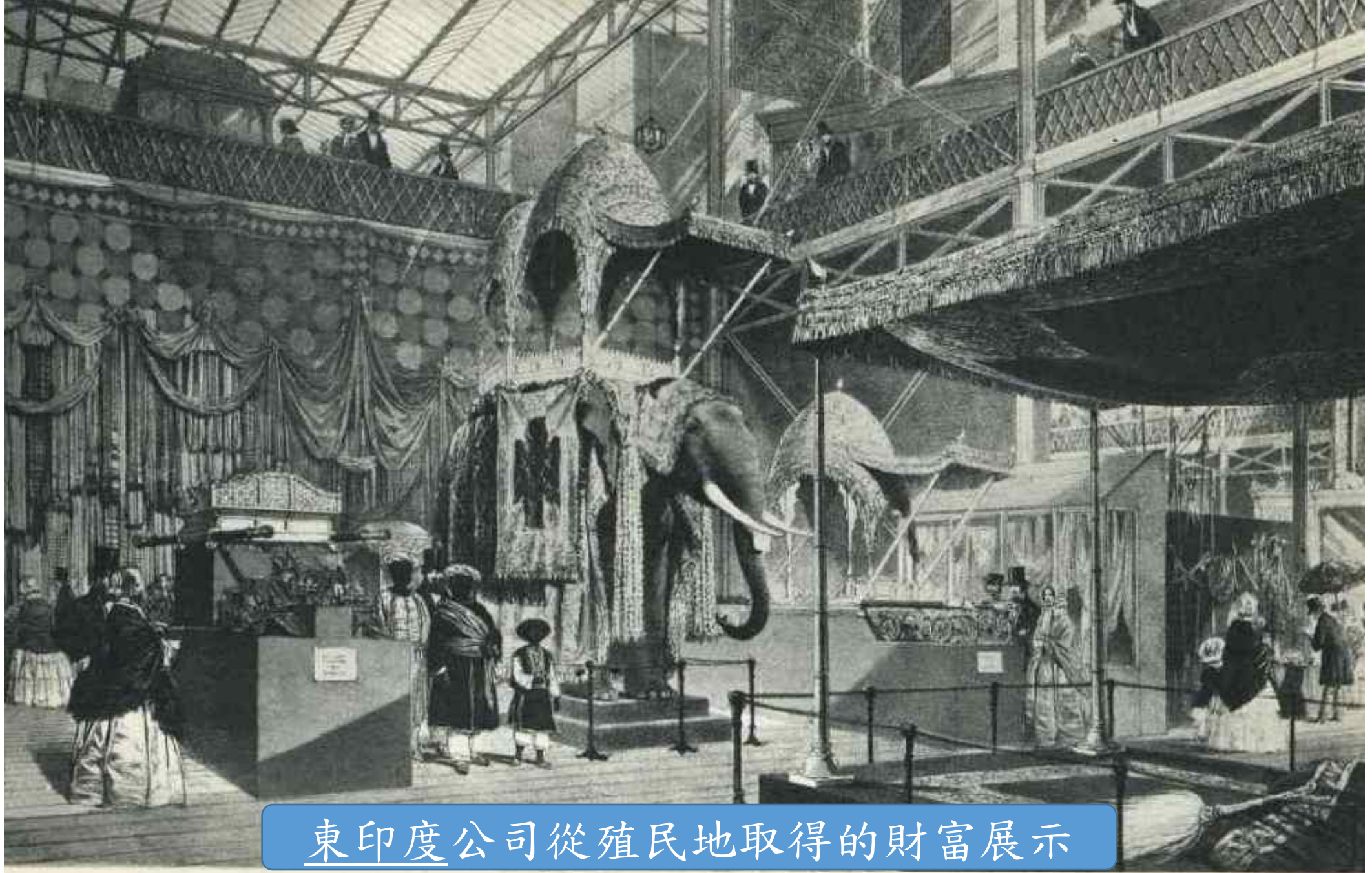


1607年，倫敦公司(The London Company)在北美建立英國第一個永久性的殖民地—Colony of Virginia，之後英國不斷擴大殖民地的範圍。



殖民地掠奪與奴隸貿易，為英國帶來了大量的外地資源，為工業革命做好了準備。





東印度公司從殖民地取得的財富展示

The greatest display of colonial wealth was that afforded by the East Indies

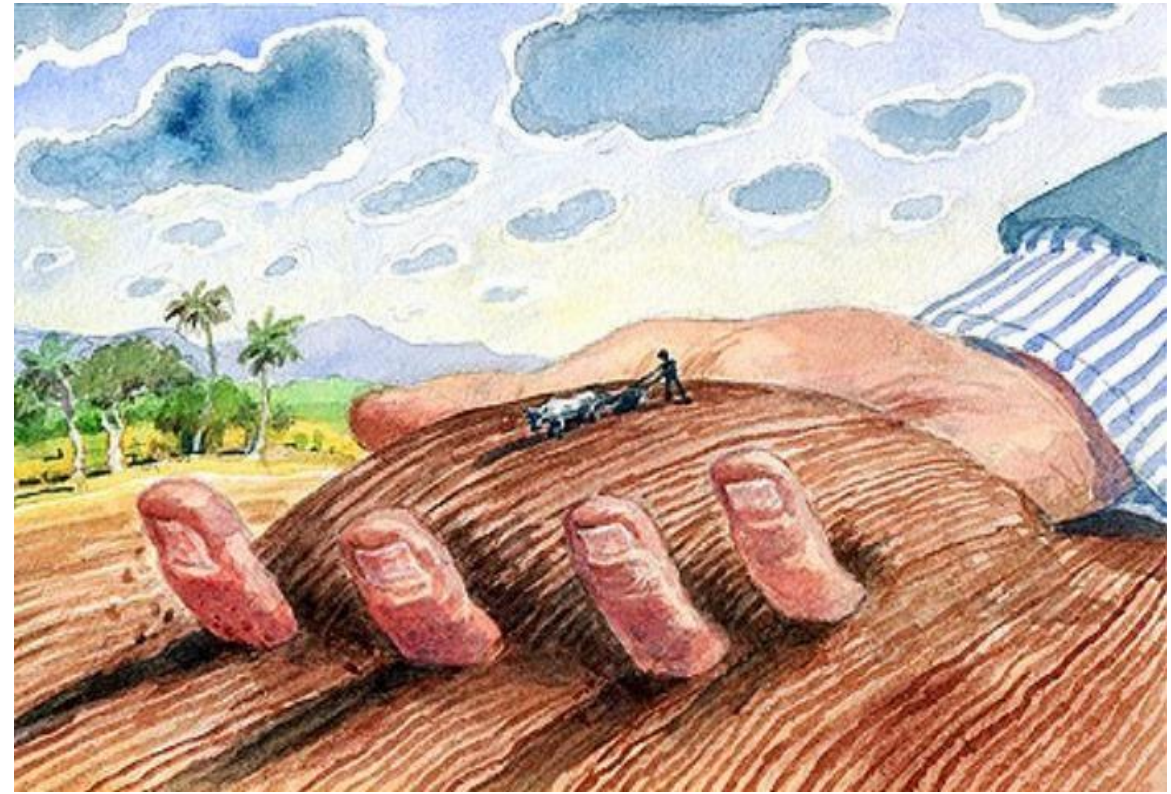
法國卻把資金都用來維持費用浩大的軍隊和宮廷享樂，西班牙更把海外貿易剝削的巨額財富，購買國外廉價商品，衝擊了本國的市場。



圈地運動(Enclosure)和第一次工業革命關係十分密切。

- 圈地運動發生在十四到十五世紀，國家的許多土地都變成私有制，小農開始逐漸衰落，資產階級及大地主獲得更多的財富和更好的地位，圈地運動的作用也和工業革命有重要的關聯。
- 當時資產階級透過購買和掠奪的方式獲得許多的土地，他們將原本的農民從土地上趕走，清除了當時土地上飼養的牛羊。
- 當時開通的那條新的航線，讓英國的貿易出口變得更加快捷和方便，這也促進了紡織業的發展，而紡織業所需要的主要原料，牛羊毛的價格也開始飛速上漲，在雙重作用的帶動之下紡織業開始蒸蒸日上，而第一次工業革命最初就是紡織業的發展，所以圈地運動和第一次工業革命關係十分密切。

從十六世紀到十九世紀，英國持續近三個世紀的圈地運動，為工業革命提供大批廉價的勞動力，並以國王的名義舉債，來彌補宮廷財政運轉的不足。



2 UK Government Debt 1694-2017

The starting date for UK government debt is widely seen as 1694 when King William III used a syndicate of merchants to sell debt to finance the Nine Years' War.³ This syndicate went on to become the Bank of England and so data on the level of UK government debt is available from this date onwards.⁴ The government did borrow before 1694 but mainly made use of *tallies*, effectively bills backed up by specific taxes or excise duties falling due over short term horizons. The year 1694 is widely seen as marking the beginning of the institutional framework for government debt which supported the growth of the British economy and ultimately the British empire (Brewer (1989)), although debt issuance in the early years was understandably developmental.⁵ Many of the initial loans took an unconventional form by current standards, including annuities and lotteries as parts of their design, but alongside these were a number of perpetual bonds offering different coupon rates. By 1752 these perpetual bonds were consolidated ("consols") in a smaller number of distinct stocks offering fixed coupon payments and the bond market took a more recognisably modern form. However, it was not until the early 20th century that finite dated long bonds were issued⁶, marketable debt in the 18th and 19th century consisting entirely of perpetuals/consols and short term bills.

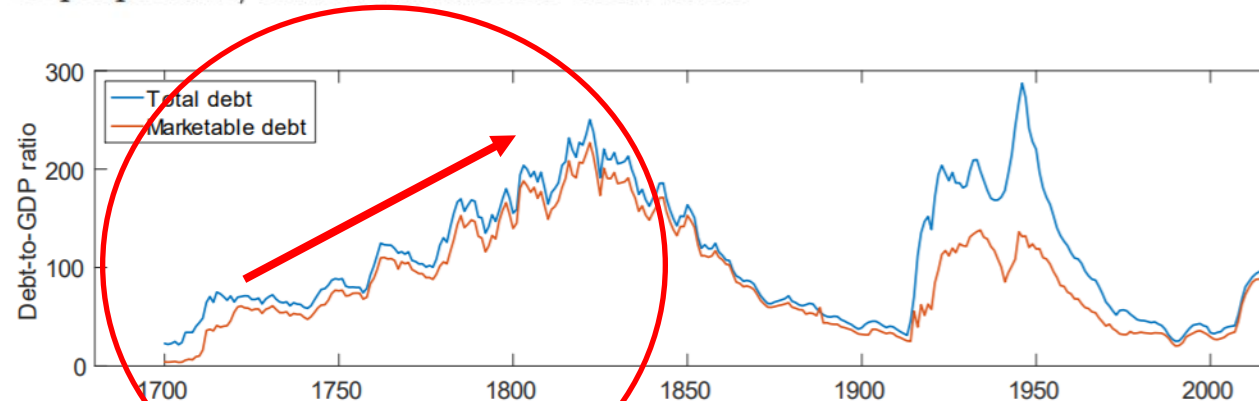
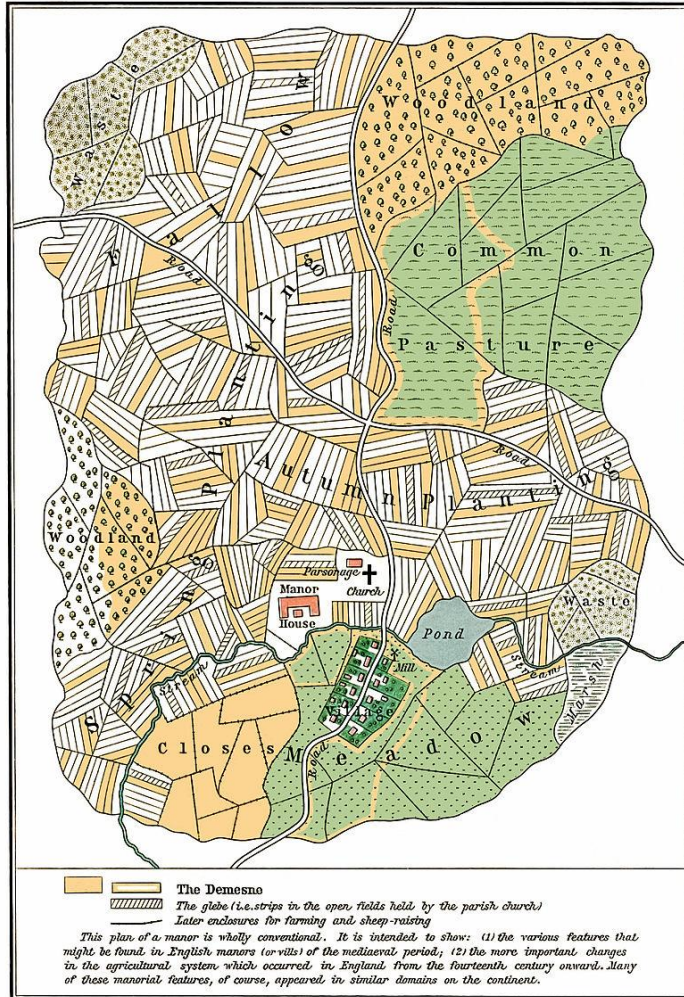


Figure 1: Face value of total and marketable debt as a percentage of GDP

以英國為代表的歐洲圈地運動，由中世紀到18世紀，整個歐洲農業體系十分相似。封建社會的農業體系通常使用敞田制，在每個莊園領主的土地上，都會安排一片「公有地」，這一片土地的所有者並非廣大平民或國家，而是特定的領主。

Plan of a Mediaeval Manor.



圈地的方式包括土地所有者買斷農民的使用權的和平方式，和通過立法強制終止非土地所有者對其使用的權利，強制的手段時常造成衝突甚至叛亂。圈地是英國農業革命的前導，土地集中管理及其他農業技術的革命造成農業產量大幅提高，大量失業人口湧入都市，並使工業革命成為可能。



英國圈地的發展

- 1588年，政府公開支持圈地。
- 1593年議會廢除反圈地法令，引起圈地狂潮，大量耕地改為牧場。
- 1597年因連續4年歉收而恢復反圈地法令。
- 1601年議會廢除反圈地法令。
- 1607年英國中部各郡反圈地起義，迫使政府恢復反圈地措施。
- 1640年資產階級革命爆發後，圈地又起。
- 1688年起，政府公開支持圈地。

1624年，英國國王James I允許專利權設立，保護新發明的權利。



James I

THE 1624 BRITISH STATUTE OF MONOPOLIES

During the reign of Queen Elizabeth I and her successor, King James I, the royal court bestowed patents on well-established techniques or commodities (vinegar and playing cards, for instance) to favored courtiers, Nard said. This patronage raised some civil unrest, and administration of patents was transferred to common law courts.

“In 1624, parliament had enough of this abuse of practice,” he said. “So they enacted this Statute of Monopolies in Section 6 that said we’re OK with patents, but you have to grant them on inventions that are actually novel.”

The rollback of the Crown’s powers governed English patent law for more than two centuries and forms the foundation of the modern British patent system, as well as a model for U.S. Patent Law.

英格蘭國王威廉三世William III 1694年為了處理飆升的戰費並有效在英國發行公債，荷蘭成熟的商業技術引進英國，在輝格黨財政大臣蒙塔古的策劃下，以120萬英鎊的資本成立了英格蘭銀行；並接受約翰·洛克的建議，任命艾薩克·牛頓為皇家鑄幣廠廠長，統一回收英國舊幣、鑄造新幣，使貨幣與金融政策順利推行，讓倫敦出現正式的證券交易所。這些措施使英國的商業革命得到飛躍性的進步，被稱為「財政革命」。



William III



1694年，民營的英格蘭銀行(Bank of England)成立，為了支持對抗法國，銀行以8%的利息貸款£1,200,000給政府，而政府則授予其製幣權、銀行券改造權和證券投資作為回報。



SEALING OF THE BANK OF ENGLAND CHARTER. 1694.

SIR JOHN HOUBLON.
Governor.

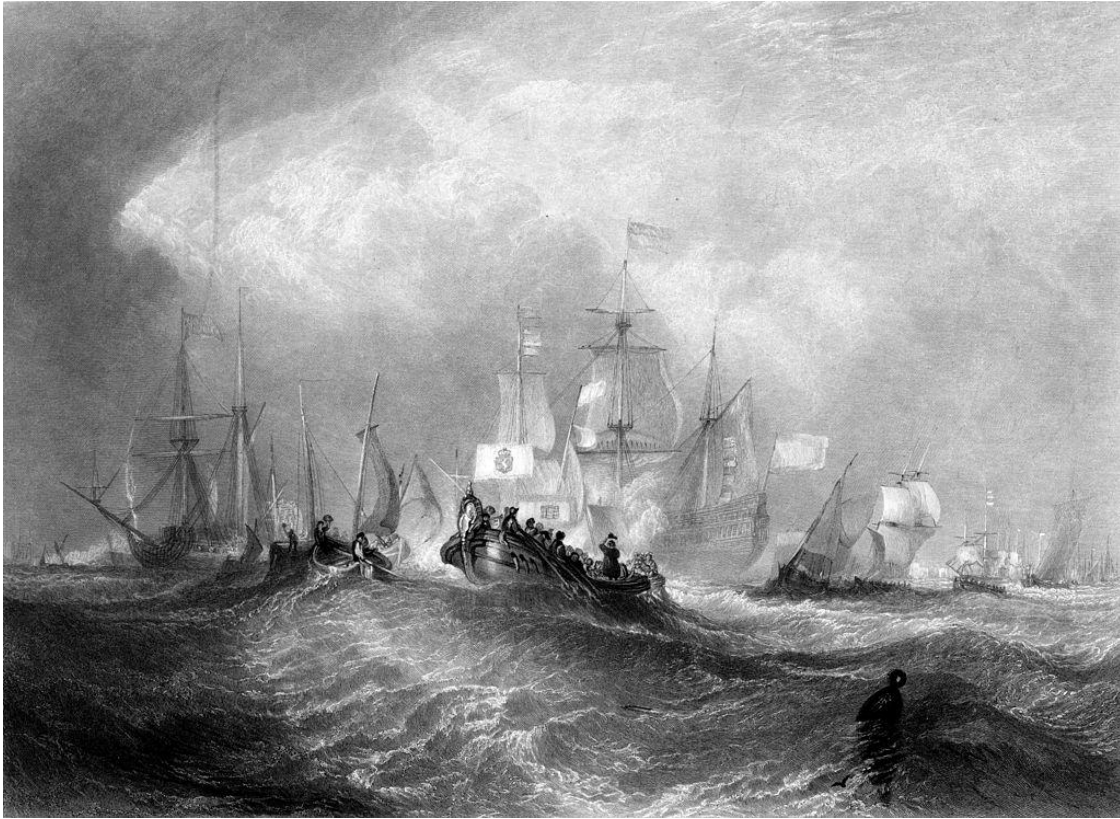
SIR JOHN SOMERS.
Lord Keeper.

MR. MICHAEL GODFREY
Deputy Governor.

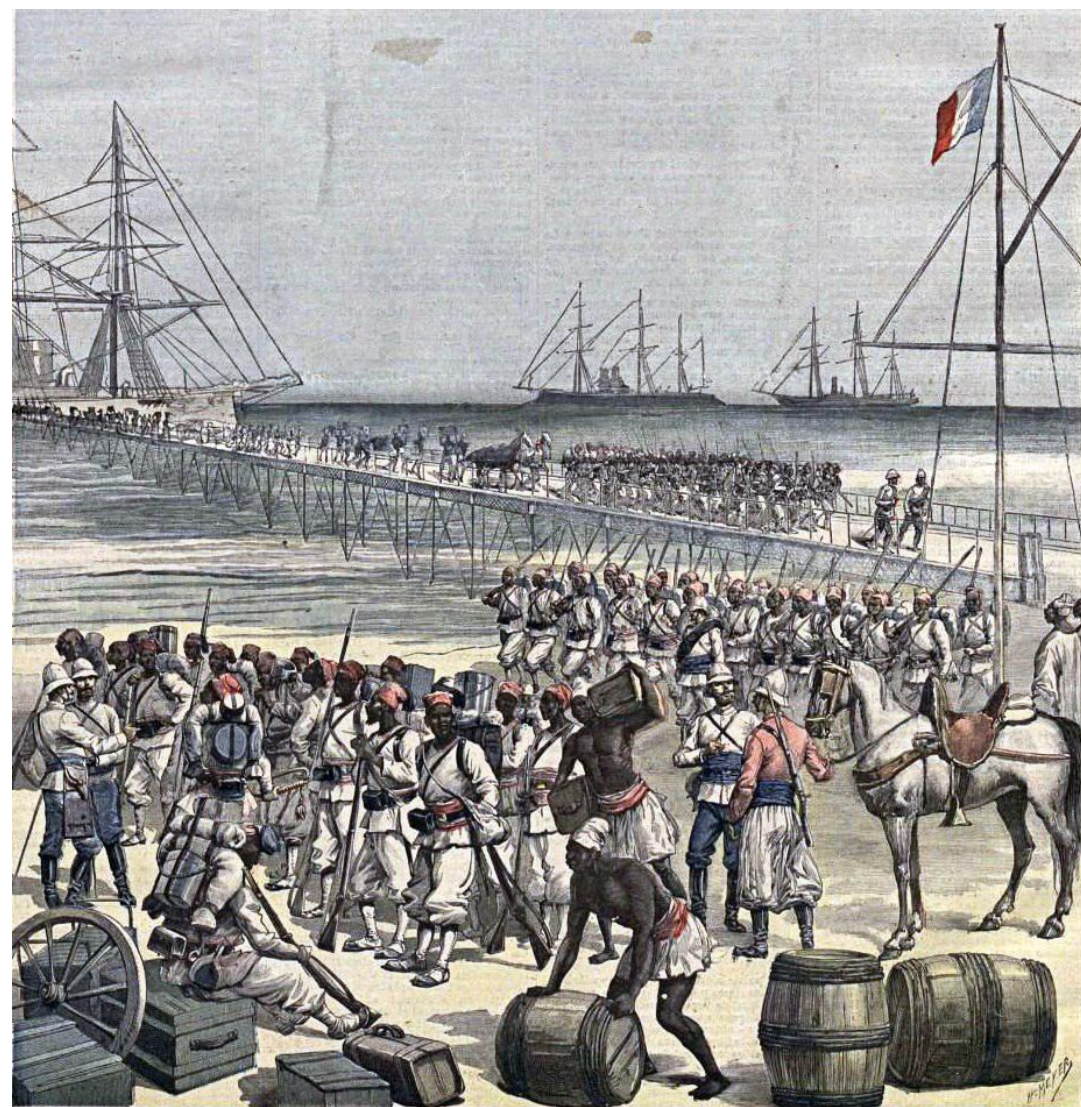
英格蘭國家銀行成立，代表由國王債務制度過渡到國家債務制度，從另一條管道為工業革命累積資金。



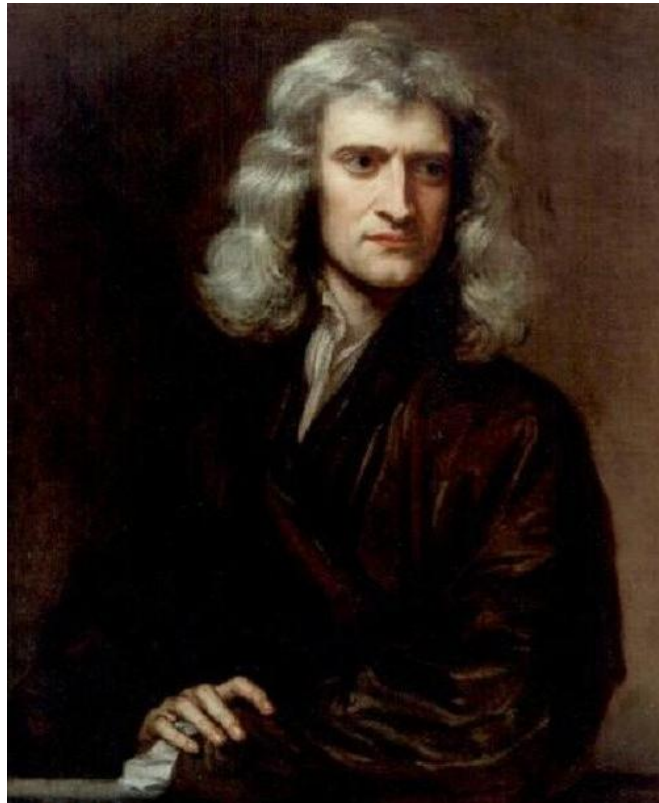
1688-1689年，英國發生光榮革命(Glorious Revolution)，
確立君主立憲制(Absolute monarchy)，英國資產階級執政，
鞏固了對私有財產的保護。



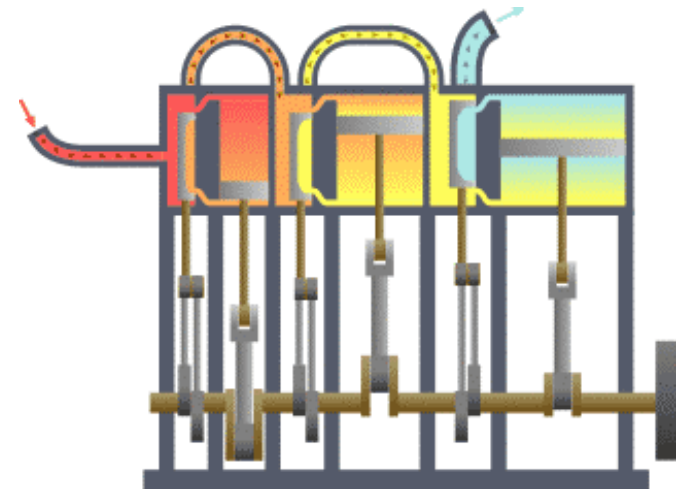
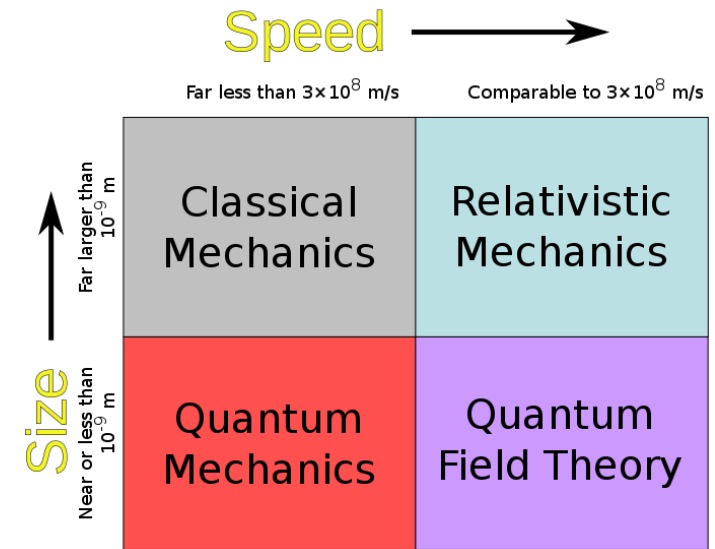
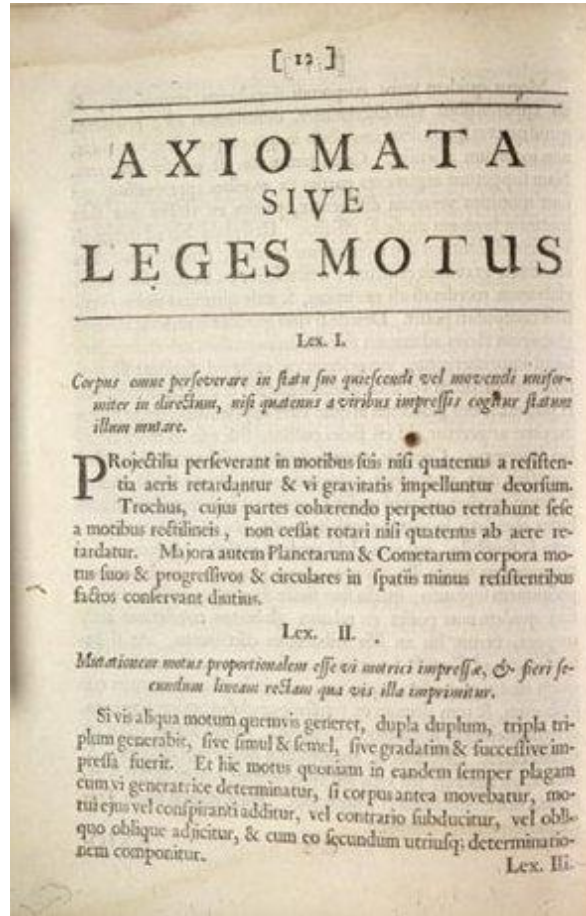
英國政府大力開拓海外殖民地，積極實行保護關稅制度，為本國工商業尋找海外市場。同時把從各種管道搜刮的財富，大部分用作生產性投資，轉換為再生產的資本。



工業革命隨著英國君主立憲制確立，加速了圈地運動，產生大量無產階級。同時海外貿易和殖民地的開發，使商品市場規模擴大。古典力學(Classical mechanics)、熱力學(thermodynamics)等學科的理論創新也為工業革命帶來了契機。



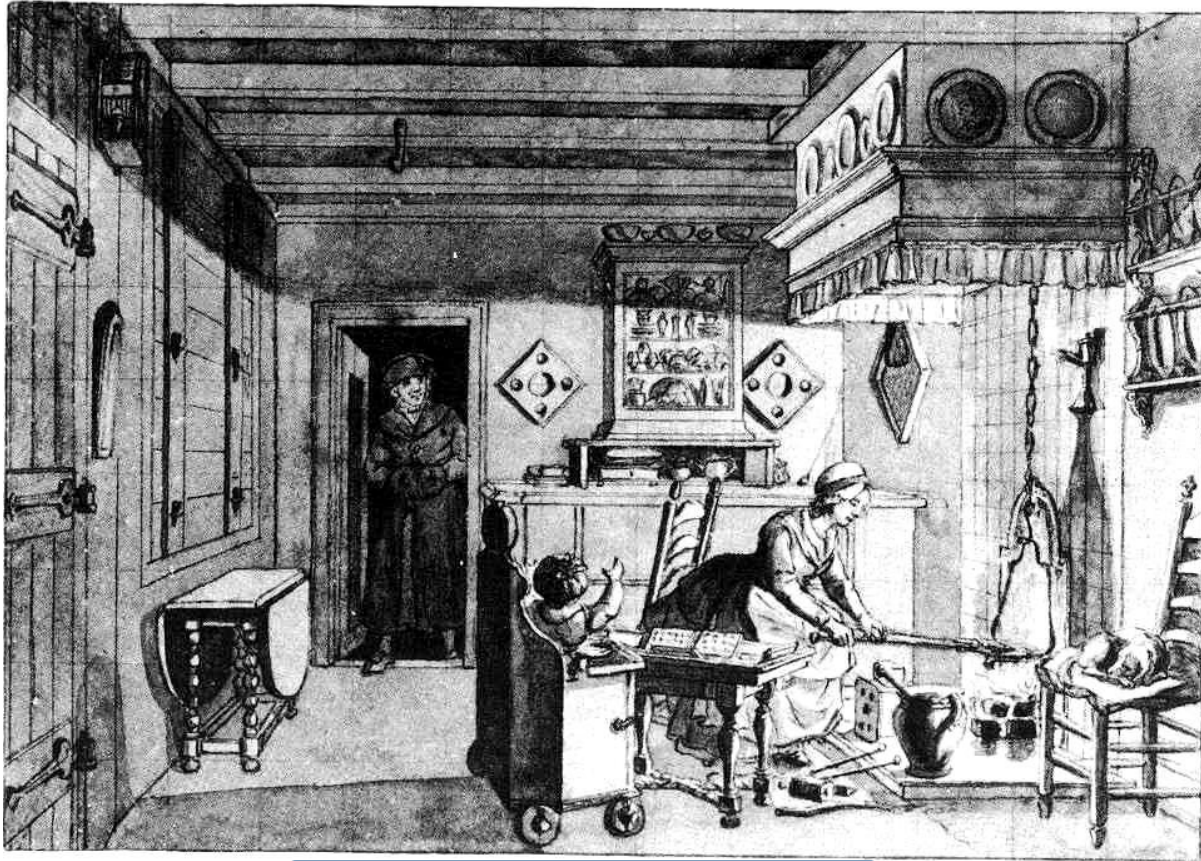
Is. Newton



十五世紀，英國半農半工的農村家庭手工業非常普遍，最初主要是毛紡織業，這種家庭的毛紡織手工業，隨著農民的貧富分化發生改變，很多家庭手工業者變成為商人進行原料加工的僱傭勞動者。



呢絨(Woolen cloth)商人們把單獨的家庭手工業聯繫起來，形成毛紡織業的手工工廠，這種手工工廠有分散和集中兩種形式。

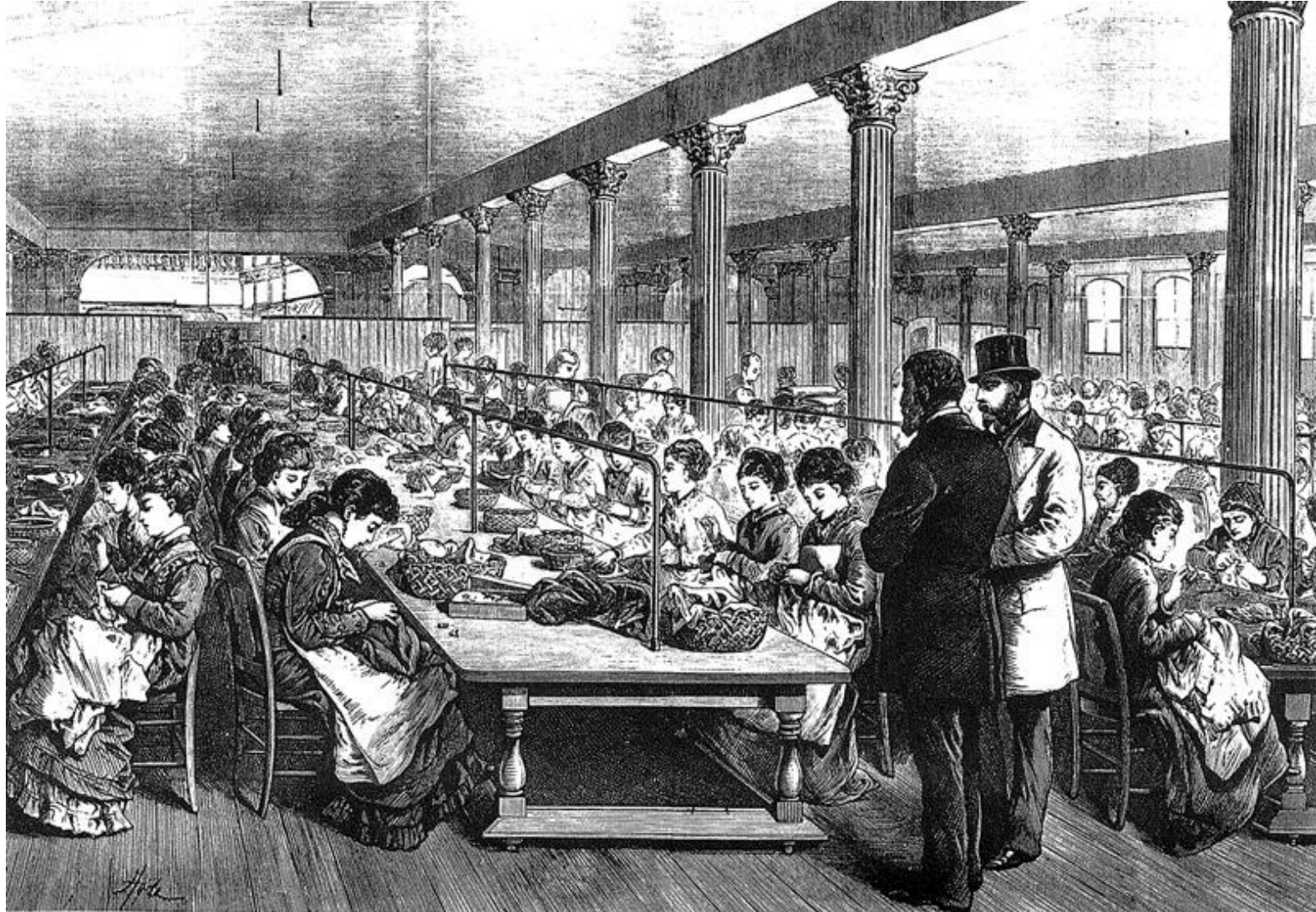


分散式的手工工廠

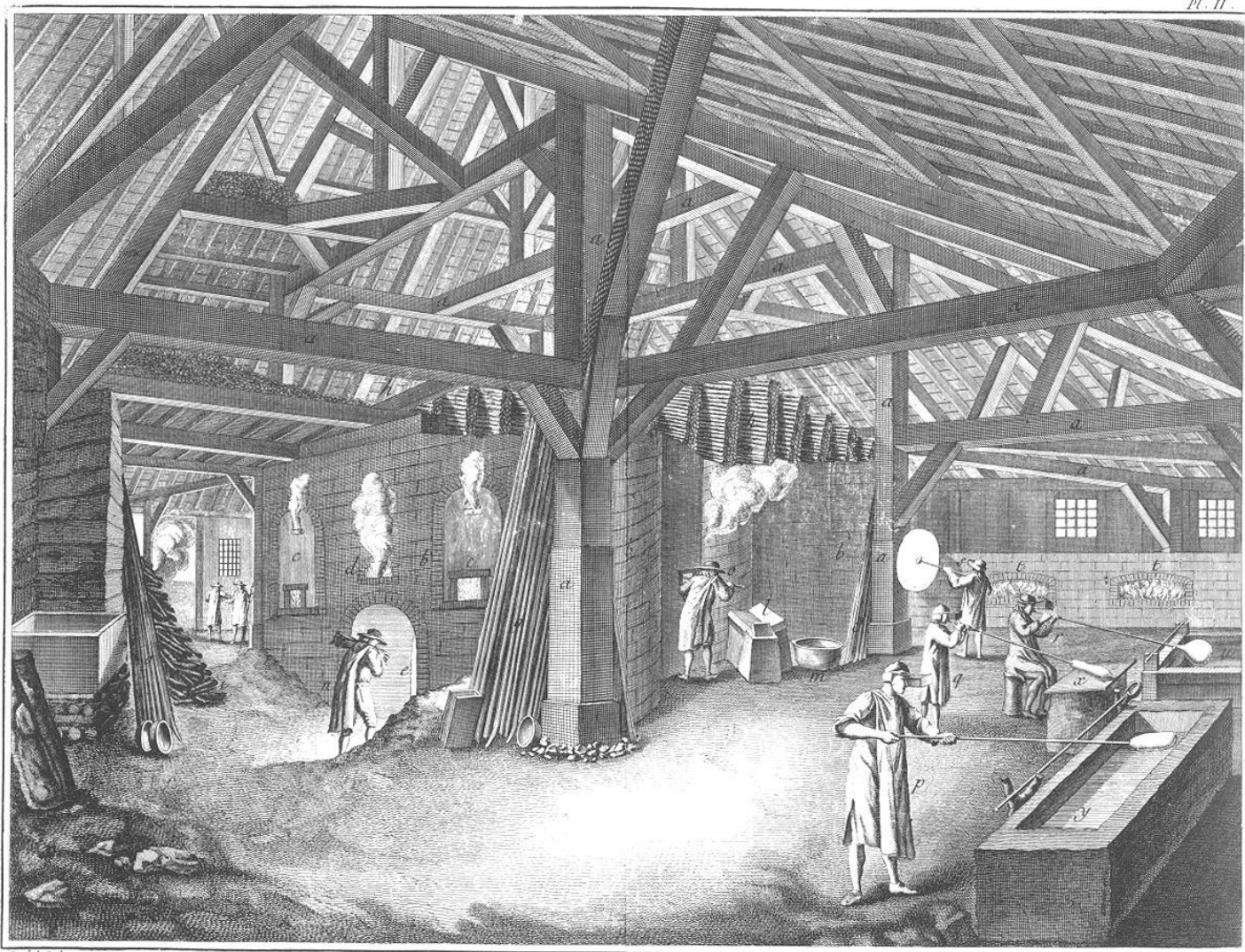


集中式的手工工廠

十六世紀，分散的手工工廠占主要地位，隨著圈地運動使得喪失土地的農民日益增多，由大商人所創辦的集中手工工廠逐漸發展，達到僱傭一千名以上工人的規模。到十七世紀，僱傭幾百名工人的手工工廠已經非常普遍。

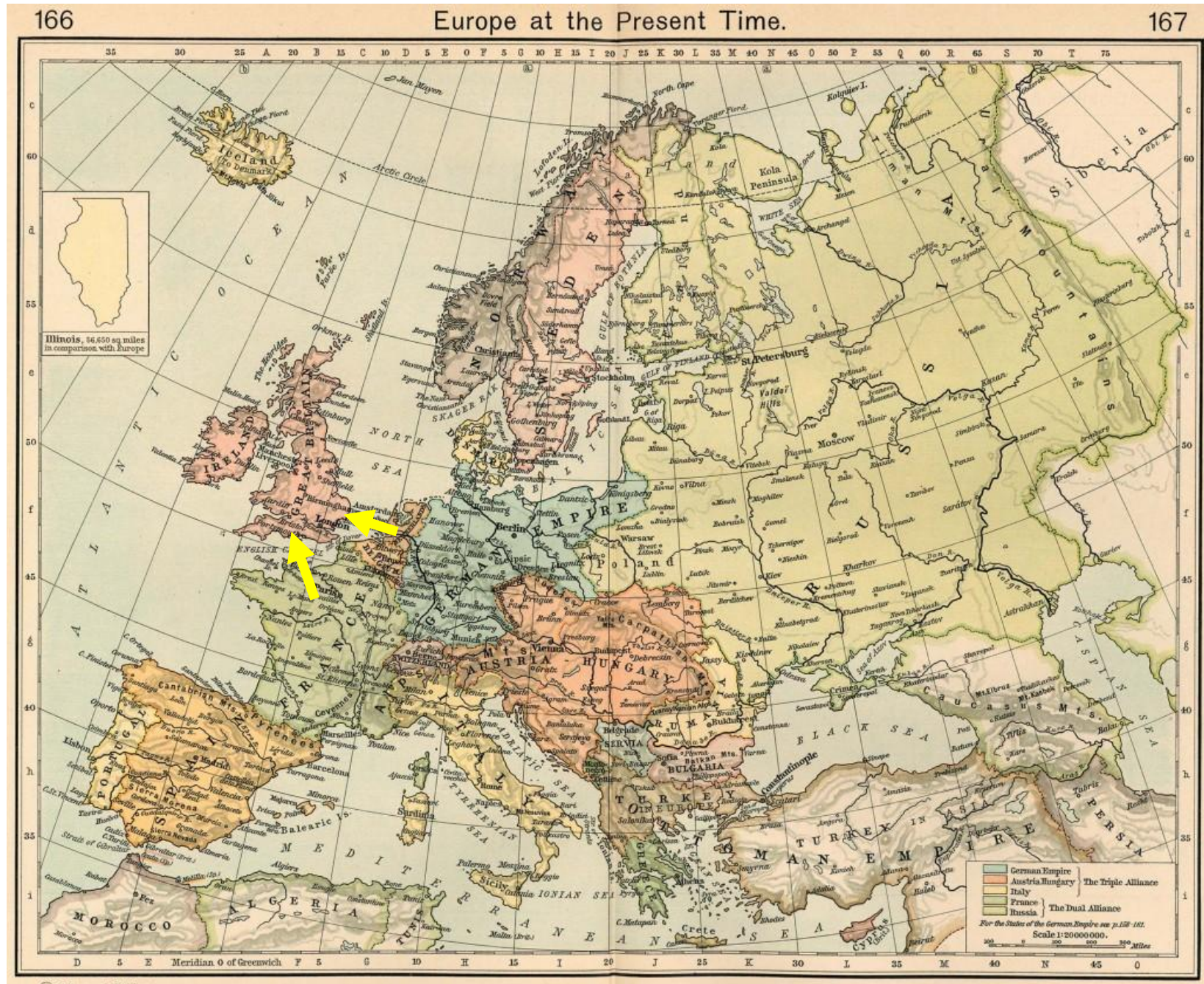


這些手工工廠不限於紡織業，在採礦、冶金、製鹽、造紙、玻璃、製硝、啤酒等部門，都建立起龐大的手工工廠。



Verrerie en bois, Grande Verrerie en Plats. Intérieur d'une Halle et différentes Opérations de la Verrerie à Vitres.

英國工廠手工業的發展，
不僅生產規模擴大，而且
技術進步快速。
生產技術的進步，與歐洲
大陸的大量工匠遷居英國
有密切的關係。



1568年-1648年發生「八十年戰爭」(The Eighty Years' War，荷蘭獨立戰爭)，荷蘭反對西班牙哈布斯堡王朝菲利普二世在政治和宗教的霸權統治。西班牙鎮壓革命時，有大批荷蘭工匠逃往英國，從此就在英國東部地區定居下來。



中世紀末期，法國與荷蘭等國在手工業技術，特別是絲織業，比英國進步，擁有很多技術熟練的工匠。但是不斷發生宗教戰爭，迫使許多信奉新教(Protestantism)的熟練工匠逃亡到英國避難。



De Stadt Maastricht, door den Prins van Parma met storm veroverd, den 29. July des Jaars 1579.

因為戰亂，許多荷蘭工匠逃亡到英國，他們帶來最早的手工紡織技術。

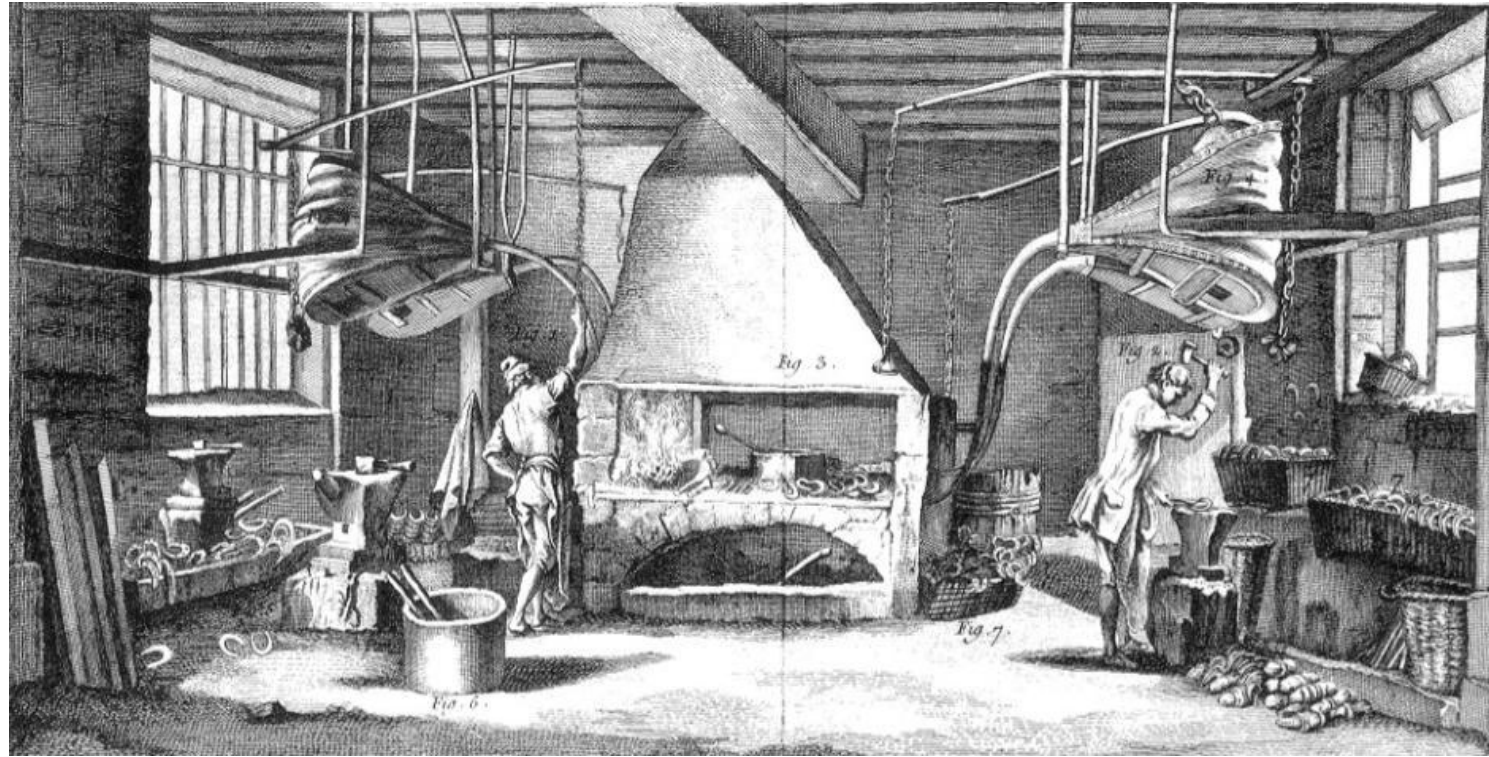


當時英國女王伊莉莎白一世(Elizabeth I, Queen of England)允許這些工匠定居，條件是每一戶外來工匠必須負責培養兩名英國學徒。



Elizabeth I

這些技術熟練的工匠進入英國後，改良和革新英國的手工業技術，並使英國新建過去沒有的工業部門，英國的染織、製糖、陶瓷業的發達和荷蘭工匠的貢獻無法分開。



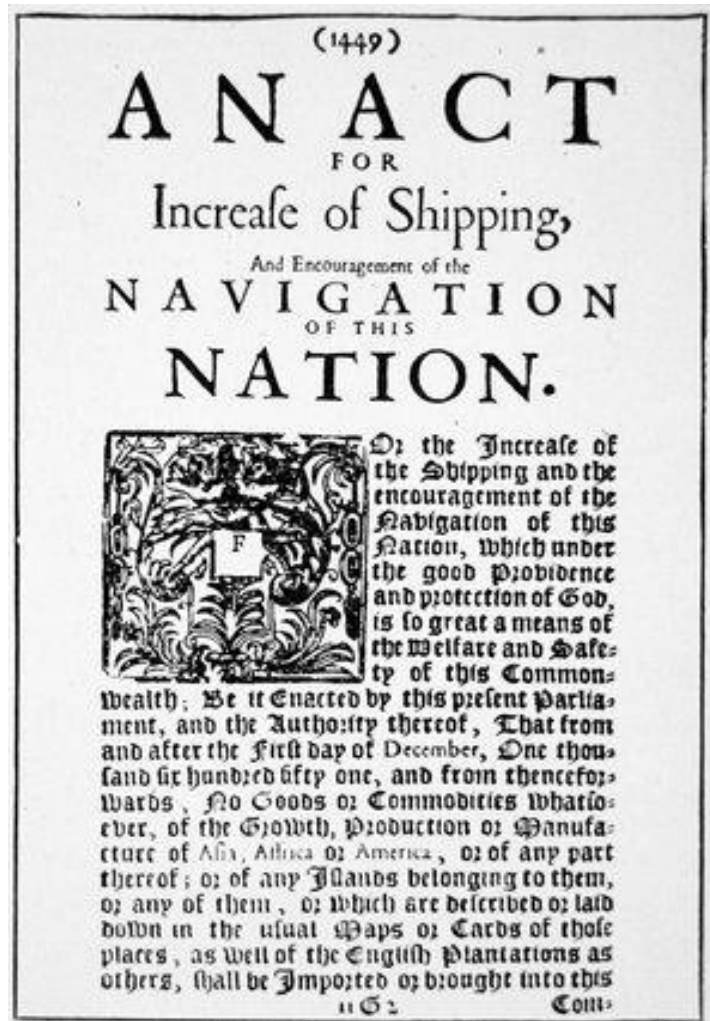
1576年，英國政府頒布法令限制羊毛、亞麻等本國原料或初級產品出口，禁止粗紋布、呢絨織品、亞麻布進口。同時規定治安官有權使用公款購買成批原料、羊毛、亞麻等為窮人安排工作。



法律規定每一個郡要辦兩到三個工廠，感化院收容有勞動能力的乞丐和流浪者，英國紡織工業獲得發展機會，英國確立外向型經濟模式。



1651年，英國頒布《航海條例》(The Navigation Act)，規定英國（包括殖民地）的進出口貨物必須由英國的船隻運輸。



Navigation Acts (1660's)

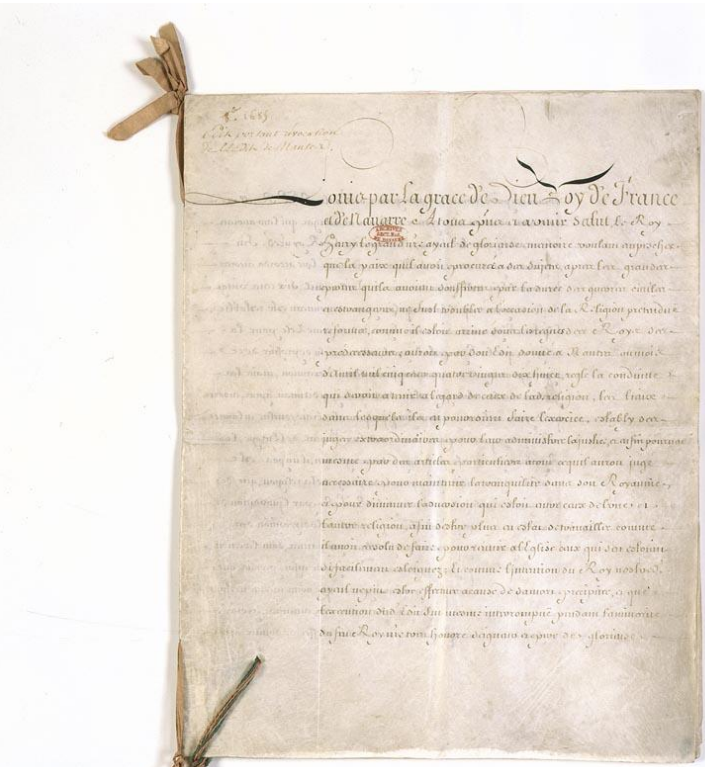
The map shows the United Kingdom, France, Spain, Portugal, and various parts of the Americas. Key commodities are labeled: furniture, tools, textiles, iron, lumber, and cotton. A king character with a speech bubble says "I'm bloody filthy rich!".

1) Most products could be sold only to England.
Ex.) sugar, tobacco, indigo

1660年，英國國王Charles II成立資助科學發展的組織—皇家學會（Royal Society），全名為「倫敦皇家自然知識促進學會」（The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge），英國青年開始捨棄神學，追求實學，蔚然成風。



1685年，法國國王路易十四 Louis XIV頒布楓丹白露敕令 (Édit de Fontainebleau)，迫害胡格諾派 (Huguenots) 教徒，迫使大約210,000-900,000 胡格諾派 教徒被迫離開法蘭西 王國，其中很多能工巧匠移民英國。

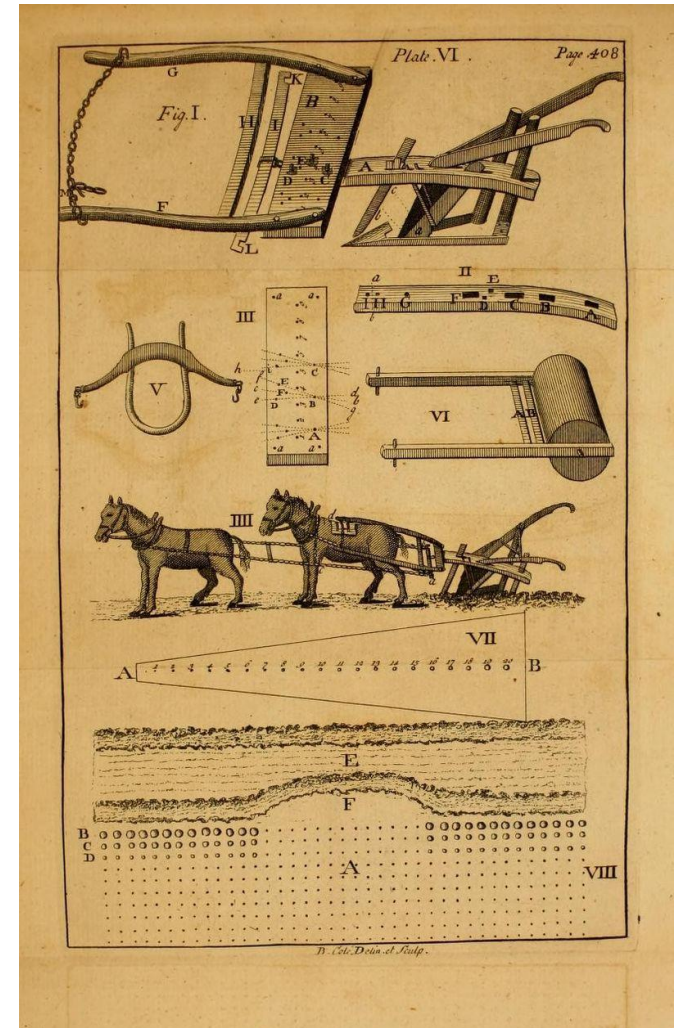
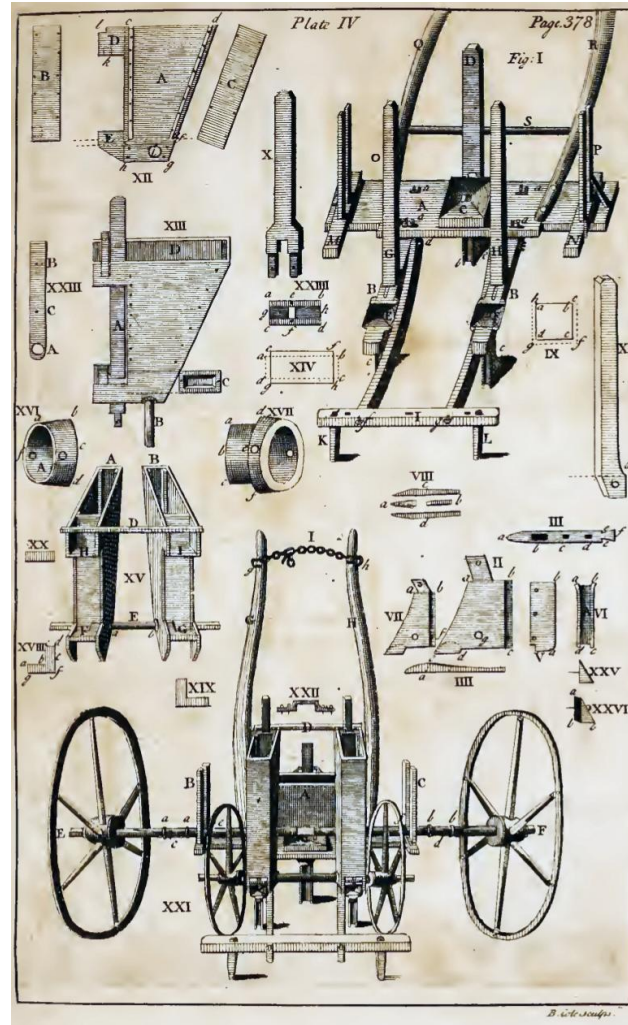


Handwritten signature or mark.

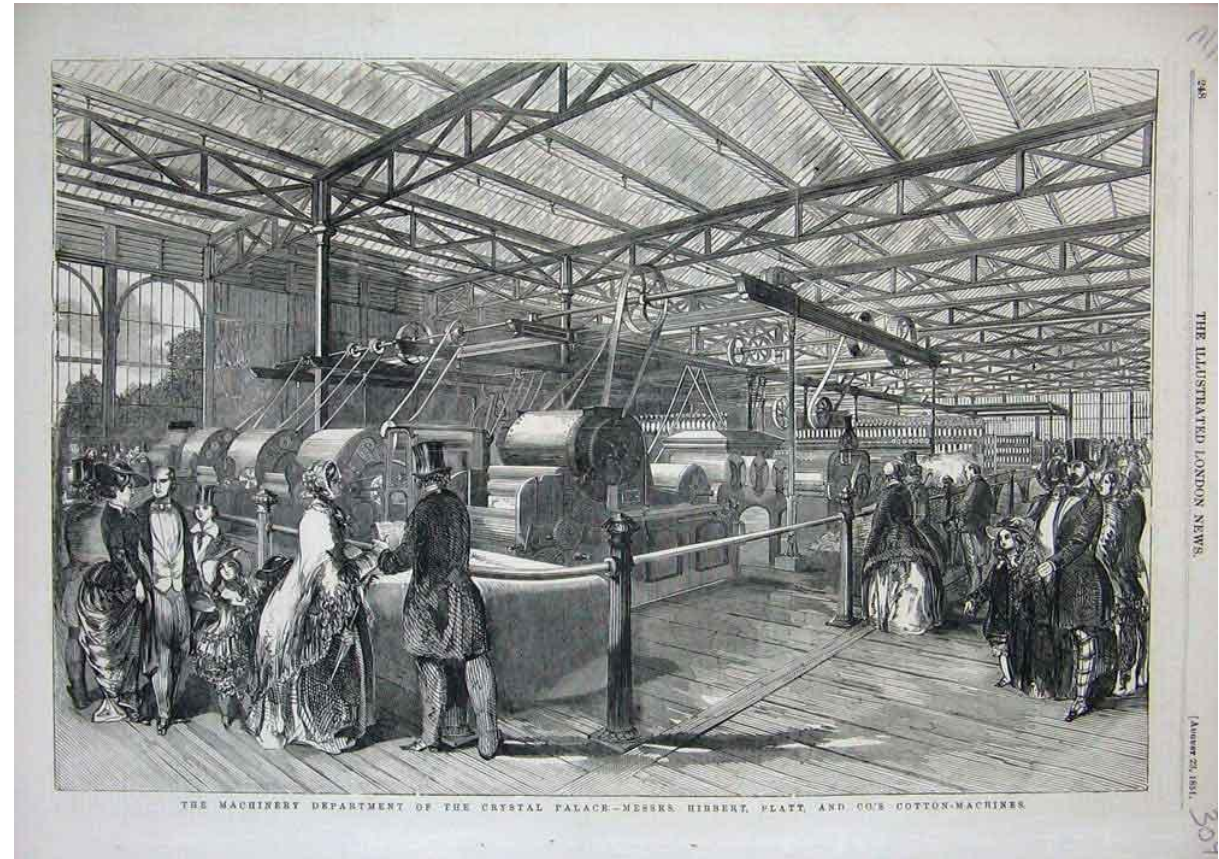
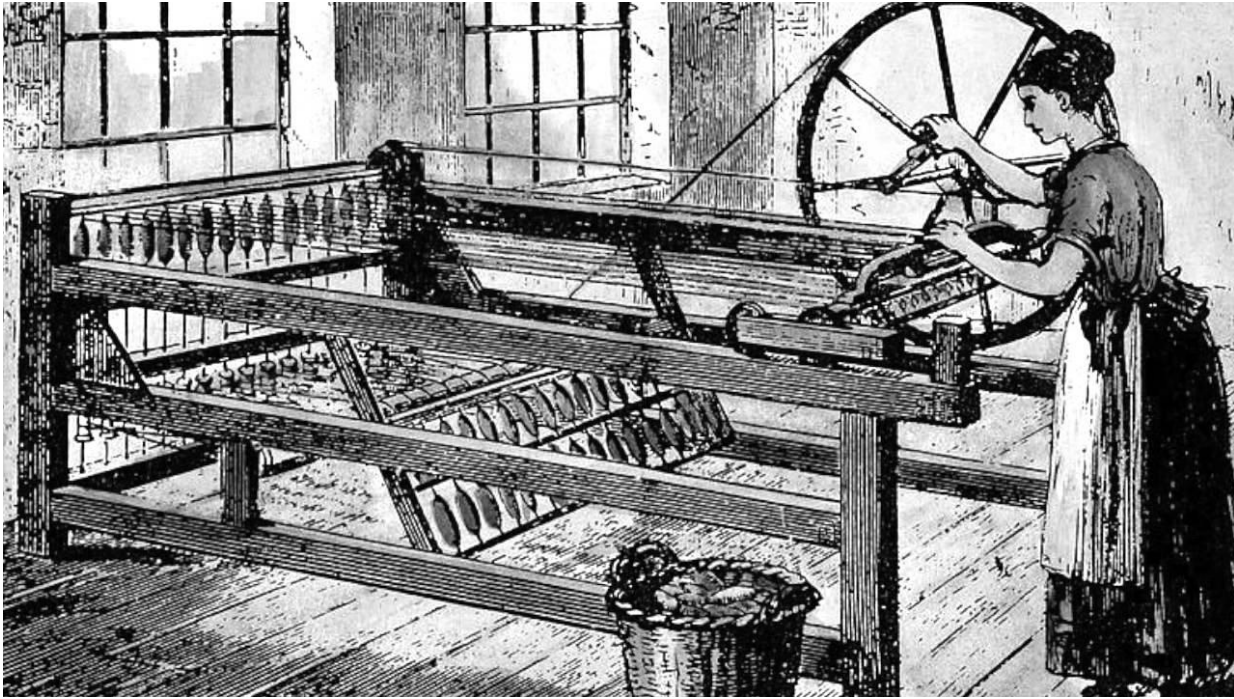
1688-1697年，發生大同盟戰爭(War of the Grand Alliance，又稱九年戰爭Nine Years' War)，因為法國路易十四欲在歐洲作大規模的擴張，因此遭到荷蘭、神聖羅馬帝國、哈布斯堡王朝和英國、西班牙等組成大同盟聯合對抗。



1700年，英國Jethro Tull發明播種機(horse-drawn seed drill)，拉開英國農業機械化的序幕。



十七世紀後發展的工業中，棉紡織業(Textile Industry)發展迅速，十八世紀初運到英國加工的棉花只有一百萬磅，隨著國內外市場的擴大，手工工廠的生產已不能滿足市場的需要，資本家為了追求更多利潤，除了增加工人以擴大生產規模外，迫切希望改革生產技術以提高勞動生產率。



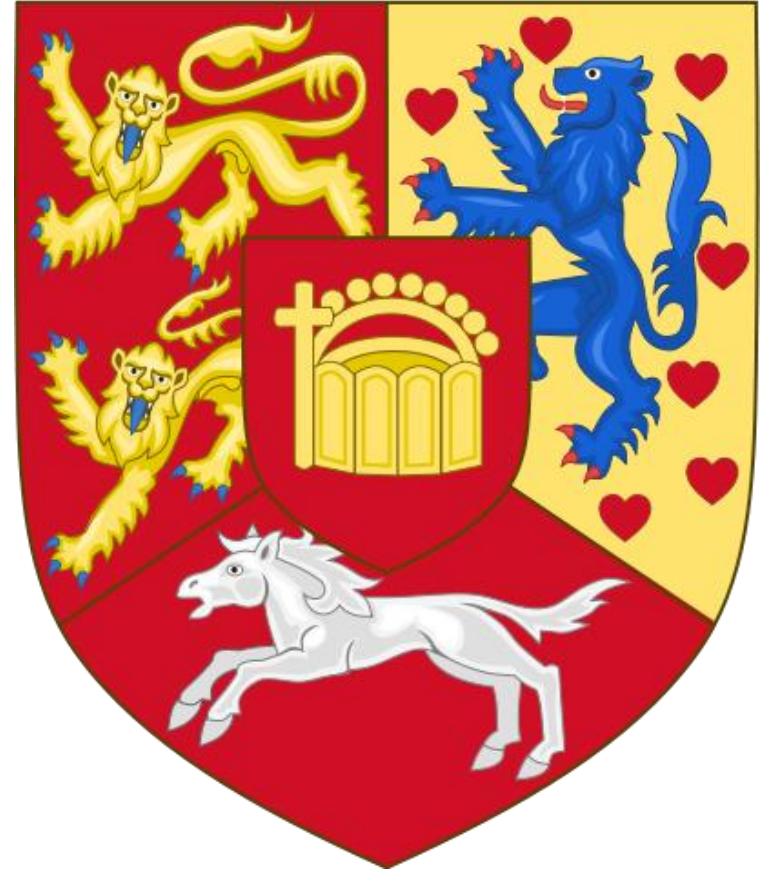
1714年，喬治一世George I兼任英國國王，開始了漢諾瓦王朝(1714-1901)。喬治一世的母語是德文，不會講流利的英文。所以他敕命輝格(Whig)黨領袖Robert Walpole為內閣首相(Prime Minister)，自己並不出席內閣會議，成為英國首相制度的開端，此後英國國王不出席內閣會議成為慣例。



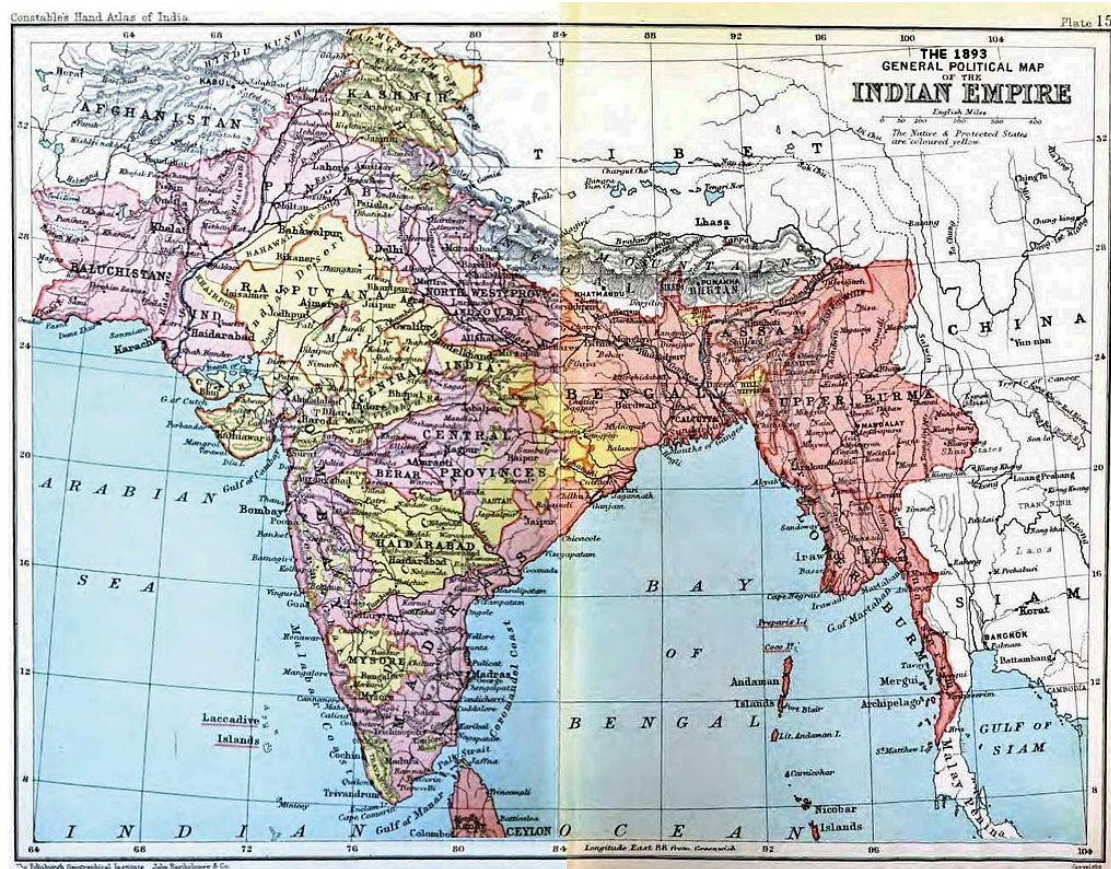
George I



Walpole



1720年英國議會通過法案，禁止進口和使用印度棉布。1757年普拉西戰役(Battle of Plassey)後使得英國東印度公司獲得巨大利益，在孟加拉取得霸權。之後英國又將矛頭轉向法國，1746~1763年在第三次卡納蒂克戰爭(Carnatic Wars)中將法國的勢力從印度徹底清除；自此，印度開始逐漸成為英國的殖民地，真正控制印度。



1730年，北美殖民地維吉尼亞(Virginia)和佛羅里達(Florida)，當時屬於西班牙，種植棉花獲得成功，到了1784年，剛剛獨立後的美國，開始向英國出口棉花。

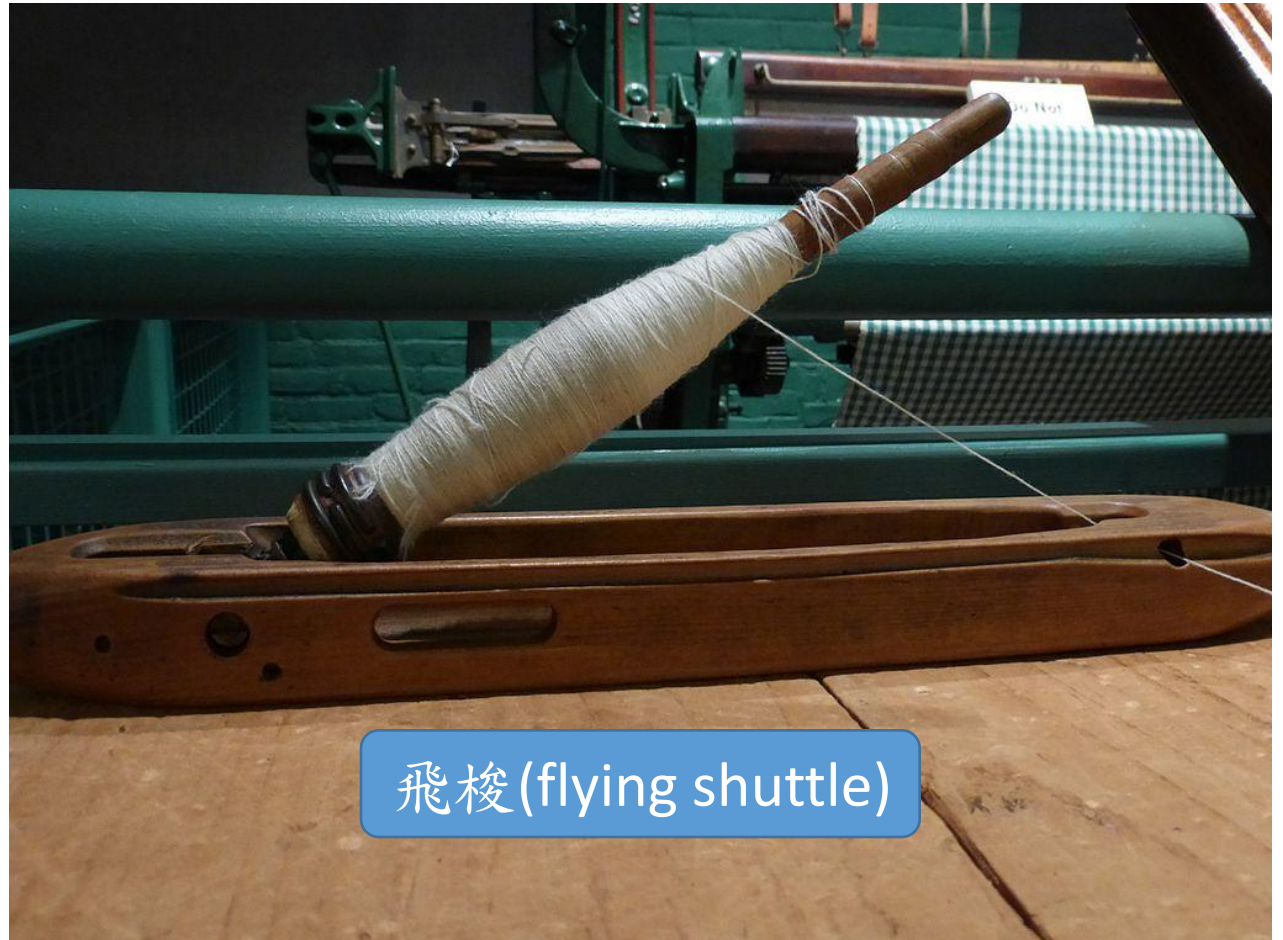


Cotton Imported to Britain between 1701 and 1800.

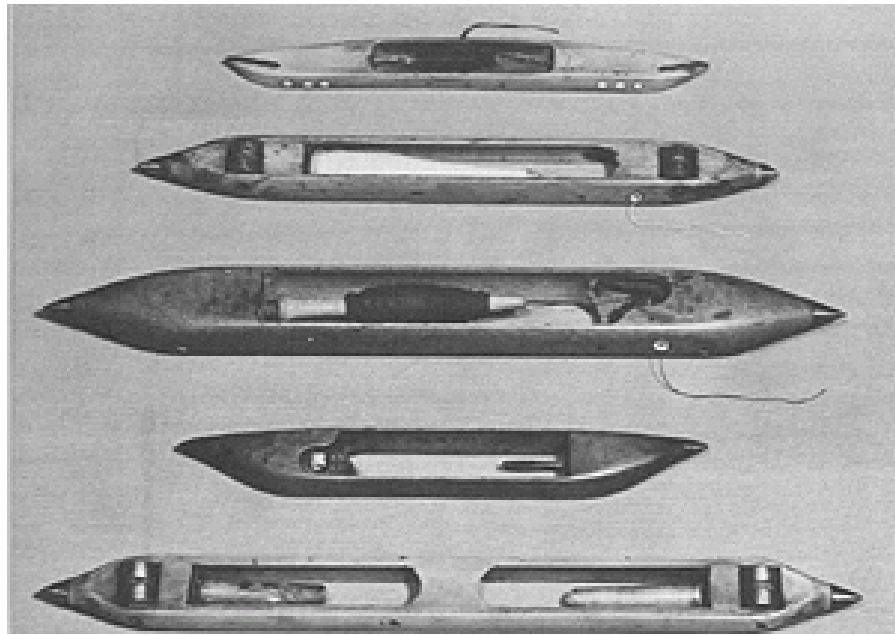
Year	lbs.
1701	1,985,868
1710	715,008
1720	1,972,805
1730	1,545,472
1741	1,645,031
1751	2,976,610
1764	3,870,392
1775	4,764,589
1780	6,766,613
1790	31,447,605
1800	56,010,732



1733年，英國機械師John Kay發明飛梭(flying shuttle)後，一個織布工人可做過去兩個人的工作，效率提高一倍，他的兒子Robert Kay又加以改良，發明上下自動的杼箱，使用更方便，織布能力提升。由於織布效率提高，出現極其嚴重的紗荒。



John Kay發明飛梭 (flying shuttle)，一個織布工人可以做過去兩個人的工作，使效率提高一倍。



由於棉紗供應不足，出現紡與織之間的矛盾，這個矛盾長時間沒有得到解決，有些棉布工廠因為缺紗而停產。棉紗價格暴漲，紡紗工人的工資也提高，對於追求利潤的資本家來說，這是無法忍受的。

Table 2. Spot prices for cotton and linen yarn, pence per pound weight, 1686-1785.

Year	Cotton yarn	Linen yarn
1691	16	8
c.1700	-	7
1726	29	-
1732	35	-
c.1740	40	10
1743	35	-
1769	33	-
1782	-	9
1785	34	-

Sources: *Whiston's Weekly Rememberer*, January 1691; Sir Frederick Eden, *The State of the Poor*, Vol. 1, London, 1795, p. 213; A. P. Wadsworth and J. de L. Mann, *The Cotton Trade and Industrial Lancashire, 1600-1780*, Manchester 1965, 172-3, 262, 275; C. Knick Harley 'Cotton Textile Prices and the Industrial Revolution', *ECHR*, Vol. 51, 1998, 75; Mrs Hibbert Ware, *The Life and Correspondence of the late Samuel Hibbert Ware*, Manchester 1882, 98.

Structural Differentiation in Spinning (continued)

agencies, however—The Society for the Encouragement of Arts, Manufactures, and Commerce, and the Patent Office—illustrate the phenomena of Steps 3 and 4 clearly.

The Society of Arts, founded in 1754, aimed from the outset at “bestowing Premiums for . . . Productions, Inventions, or Improvements, as shall tend to the employing of the Poor, and the Increase of Trade.” It was sponsored by “several of the Nobility and Gentry of this Kingdom.”¹ The Society offered rewards in commerce, manufacturing and fine arts,² and in 1783 it began to publish annual transactions making past awards and new offers public.

In 1761 the Society announced premiums of £50 and £25 for the “invention of a machine that will spin six threads of wool, flax, hemp, or cotton, at one time, and that will require but one person to work and attend it (cheapness and simplicity in the construction will be considered part of its merit).”³ Six such awards were granted between 1761 and 1766, and some £544 12s. were awarded between 1754 and 1776 for “improving several machines used in manufacture, viz., the Comb Pot, Cards for Wool and Cotton, Stocking Frame Loom, Machines for Winding and Doubling, and Spinning Wheels.”⁴

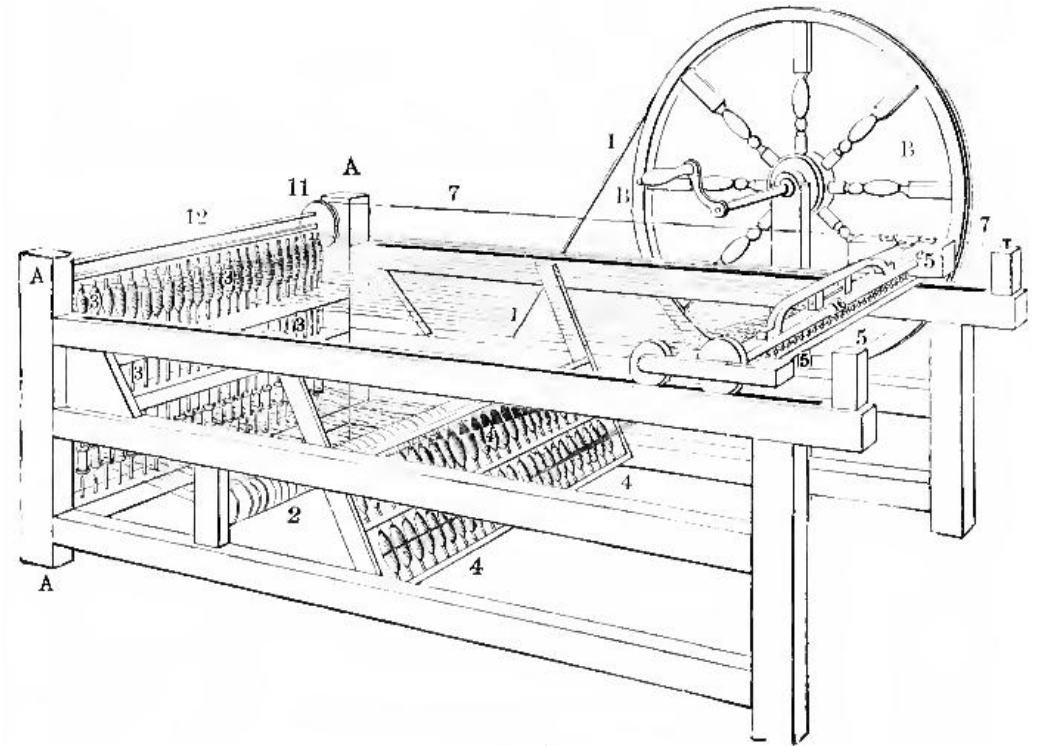
為了解決棉紗不足的問題，政府採取各種措施。

1761年，英國藝術與工業獎勵協會(The Society for the Encouragement of Arts, Manufactures, and Commerce)和Patent Office兩次懸賞，徵求新式紡紗機的發明。

1764年， Lancashire的James Hargreaves發明spinning jenny珍妮紡紗機，這是棉紡織技術上一個重要的進步，使棉紗的產量迅速提高，引起紡織業的一系列變化，產生重大的影響。因為棉紗生產成本的減少，使布匹的價格隨之降低，也使布匹的需求量增大，需要更多的織布工人。



spinning jenny model



改良式的spinning jenny被使用在紡織業

由於織工工資隨著棉布需求的增長而提高，使原來兼營農業的織工逐漸拋棄農業，成為專靠工資收入的工薪階層。同時，珍妮機的使用排擠舊式紡車，使買不起的原來從事家庭手工業的紡工也放棄農業，到擁有珍妮機的人那裡工作，從而成為僱傭工人。



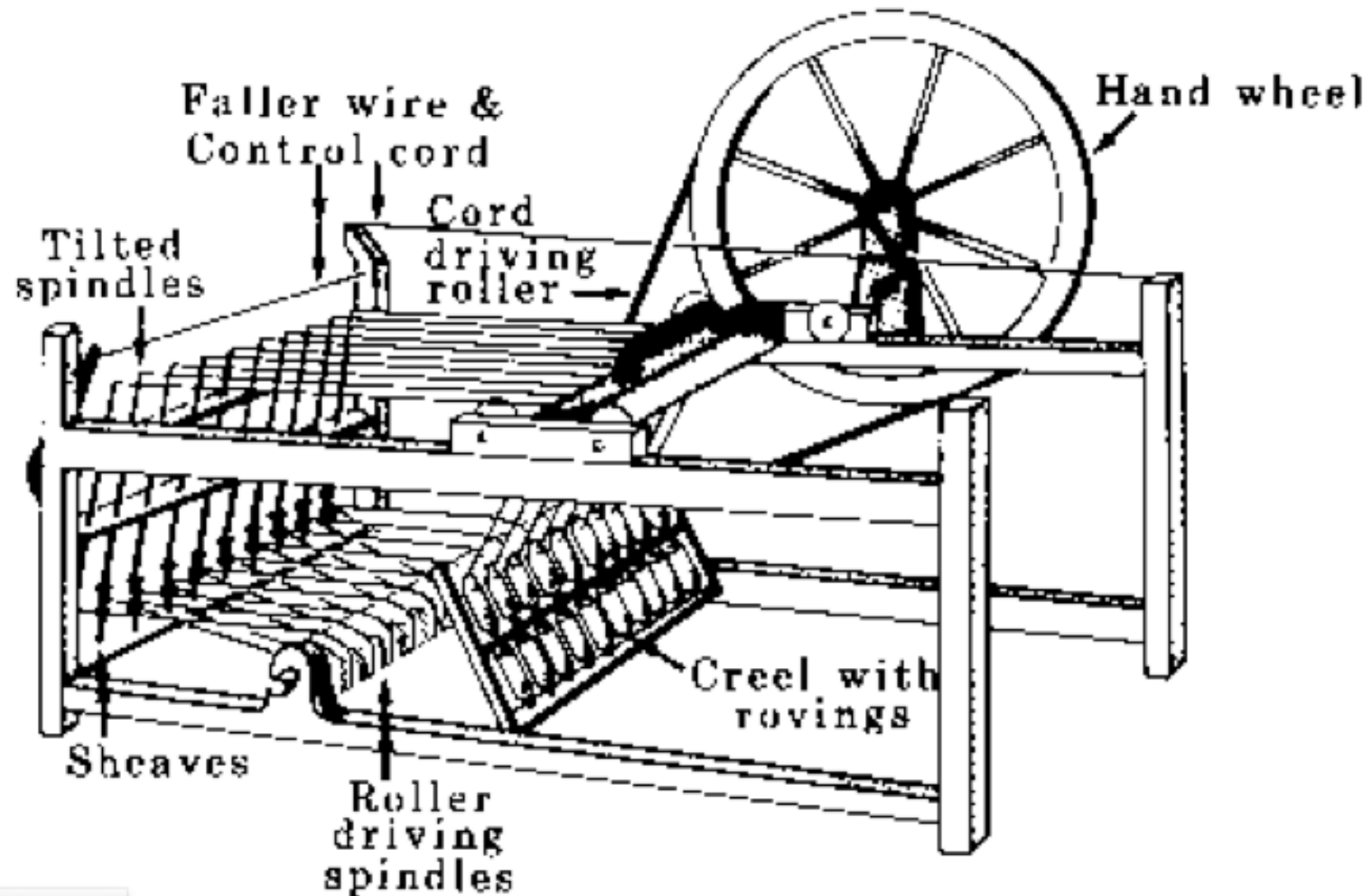
紡工和織工放棄的土地被農業資本家收買，小自耕農無力與資本主義的大農場競爭，他們逐漸受到排擠而破產後，也淪落為農業或工業中的無產者。



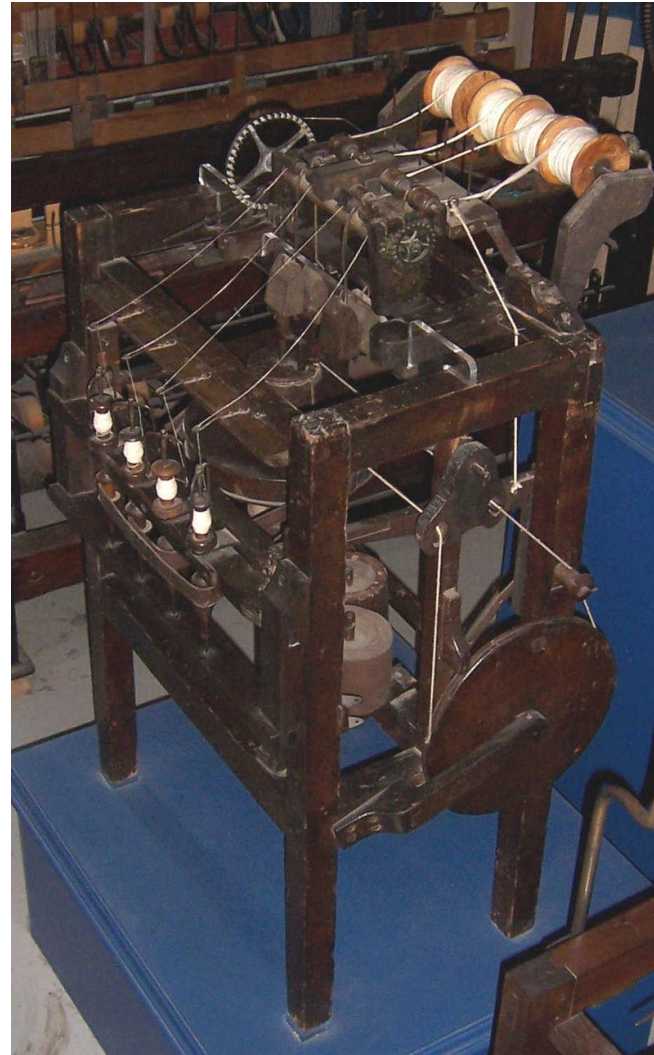
1763年，英法七年戰爭結束，英國獲得在北美大陸的加拿大新法蘭西、西屬佛羅里達、一些位於加勒比島嶼及在印度次大陸上對法國貿易戰的絕對優勢。



珍妮紡紗機雖然提高了棉紗產量，但紡出的紗不結實，細而易斷。由於珍妮機帶動的紗錠日益增多，需要手工來搖轉紡輪，使得人力越來越難以勝任，需要在品質和動力方面加以改進。



1771年，Richard Arkwright發明水力紡紗機(water frame)，用水力推動，機器上安裝許多滾軸，旋轉很快，紡出的紗質地堅韌。





1771年Richard Arkwright發明水力紡紗機。

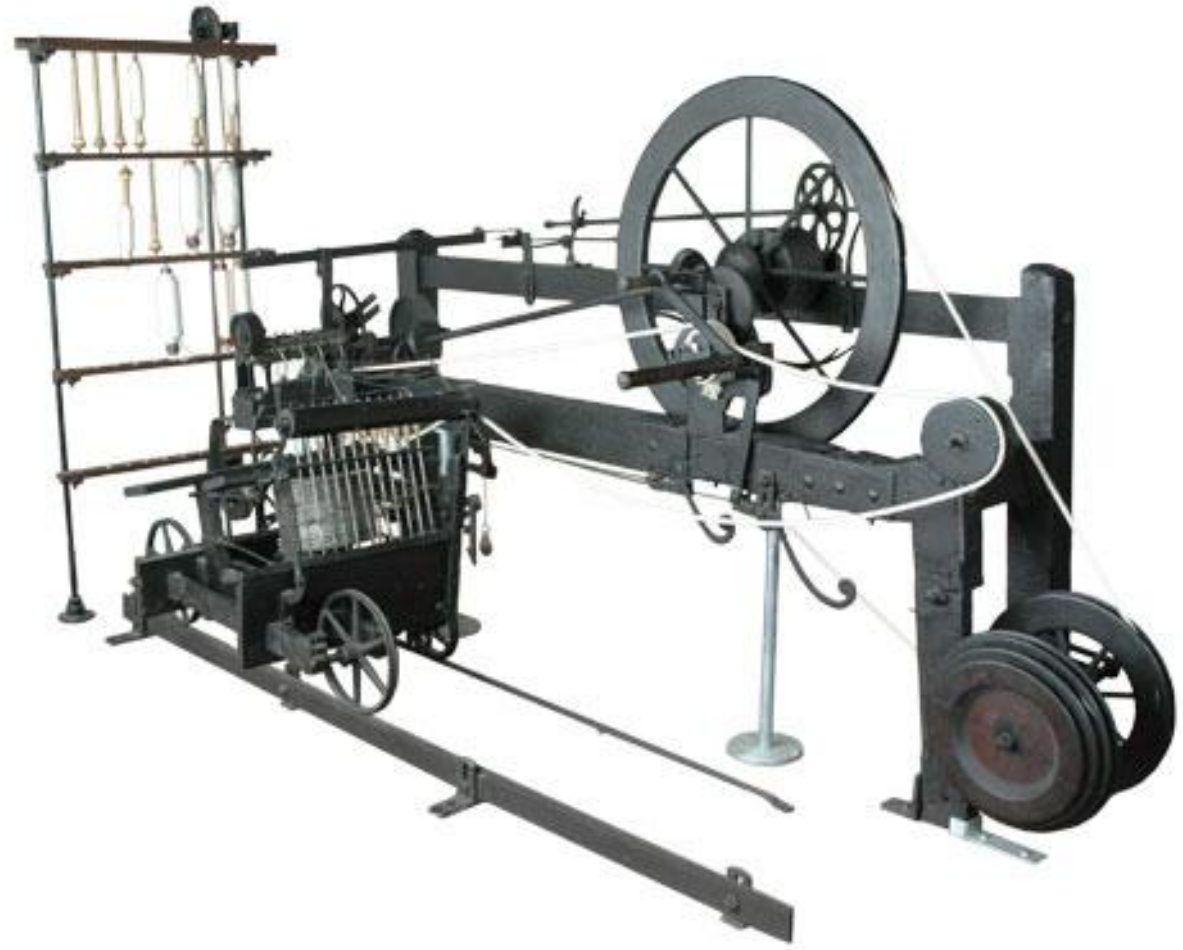


由於水力紡紗機的體積大，又必須設置在可利用水力的地方，因此，不能像舊式紡車或珍妮機安裝在家庭內，必須建立廠房，集中工人進行生產，就為工廠制度確立奠定了基礎。

1771年，Richard Arkwright建立全世界第一個棉紡廠Cromford Mills，成為最早使用機器生產的廠主，水力紡紗機紡出的紗線雖然結實，但是很粗糙。因此，還是需要繼續進行技術革新，以提高棉紗的質量。



1779年，Samuel Crompton發明了spinning mule紡紗騾子，騾機綜合珍妮紡紗機與水力紡紗機的優點，紡出來的棉紗既結實又精細，還提高了紡紗的效率。



Saml. Crompton



最初，騾機只帶動二、三十個紗錠，隨著機器的改良，到十八世紀末，已有能帶動四百個紗錠的紡紗機。

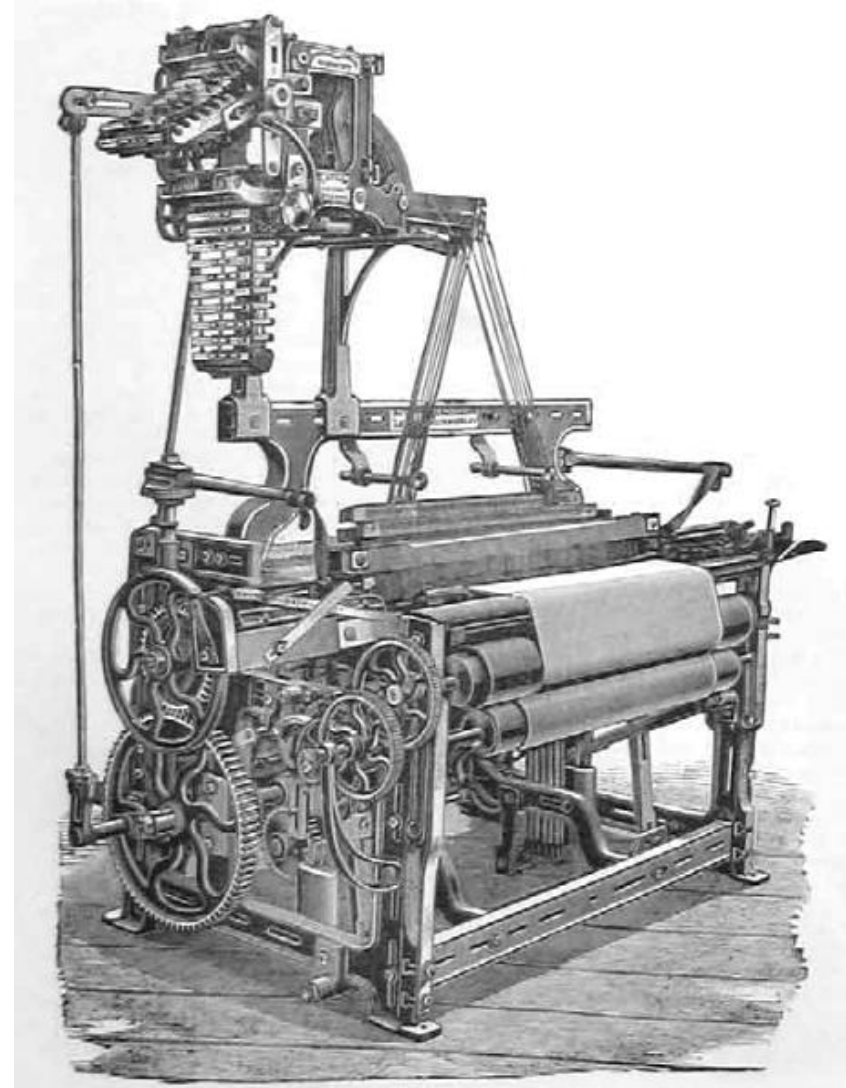
自從騾機發明與廣泛應用後，集中從事生產的紡紗工廠迅速增加。

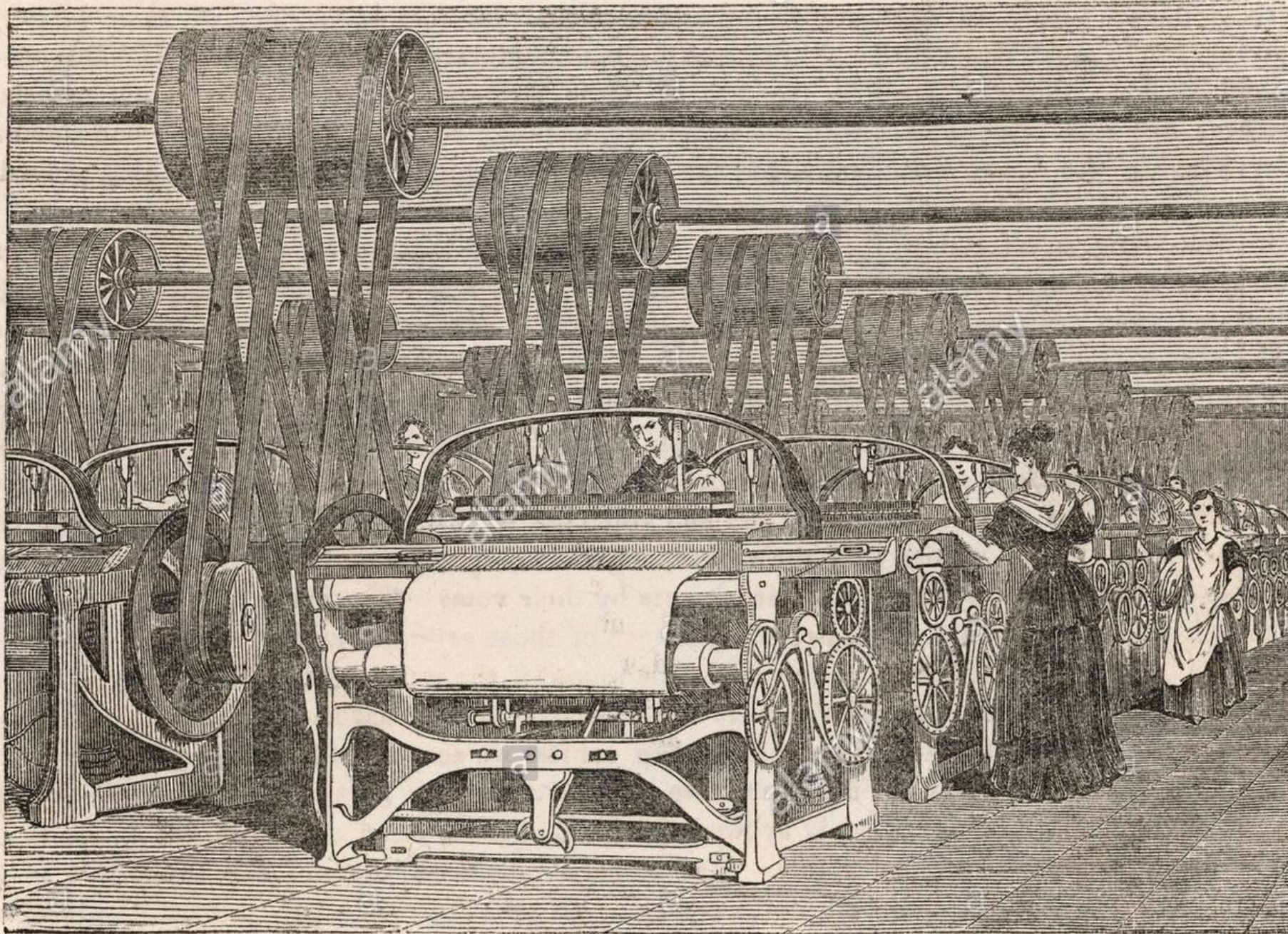
棉紗產量的大幅度增加，把織布拋到後面，於是，紡與織之間又出現新的脫節現象。這種情況下，迫切需要改良織布機。

1785年，Edmund Cartwright發明用水力推動的織布機(The Power Loom)，但是這種機器非常笨，銷路不廣。



Edmund Cartwright





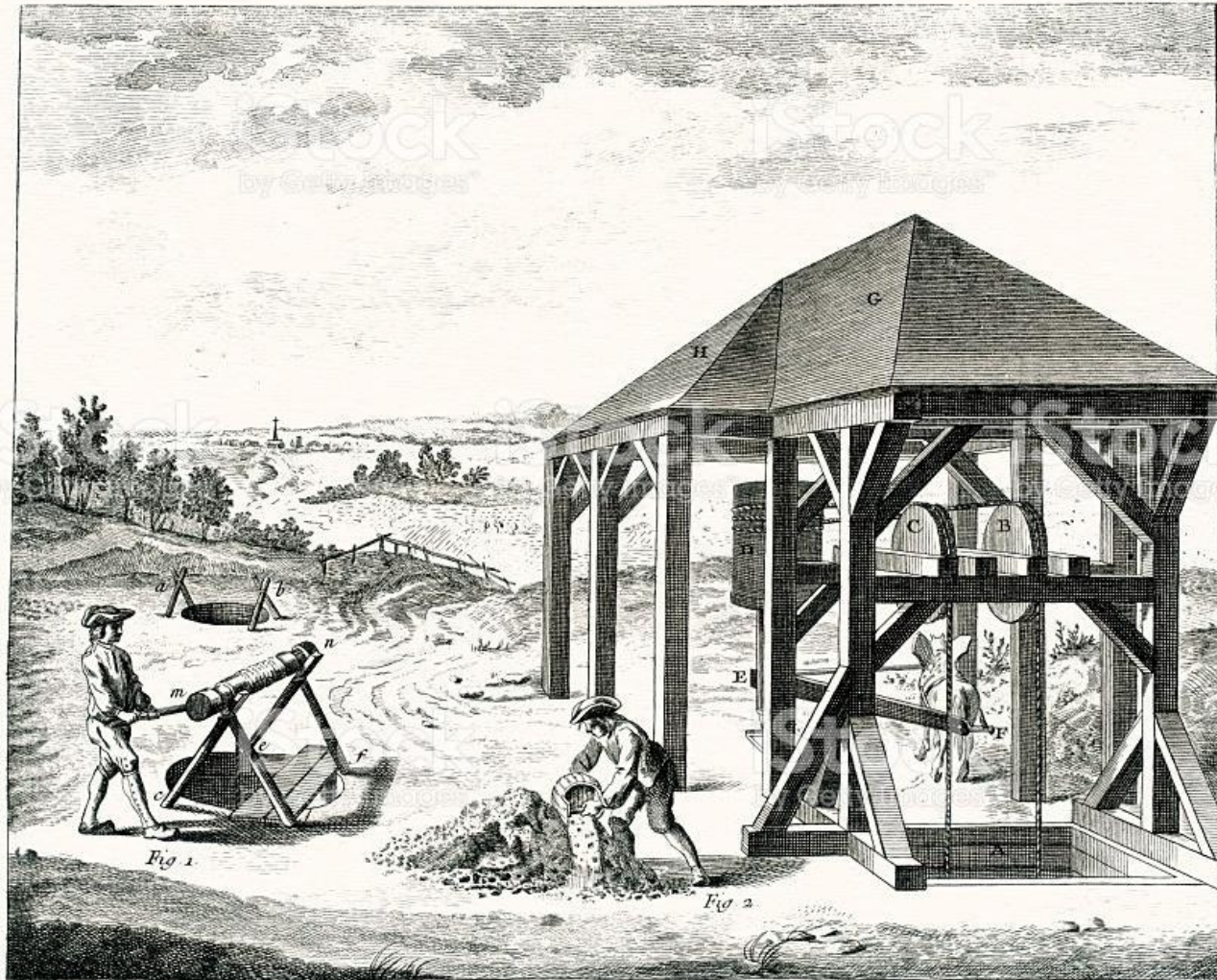
1785年Edmund Cartwright發明水力織布機(power loom)，1791年建造第一座水力織布機工廠。

INTERIOR OF A POWER-LOOM FACTORY.





1803年，William Radcliffe發明一種整布機， William Horrocks發明鐵製的織布機，經過改良的自動織布機比手工織布提高了40倍的效率。



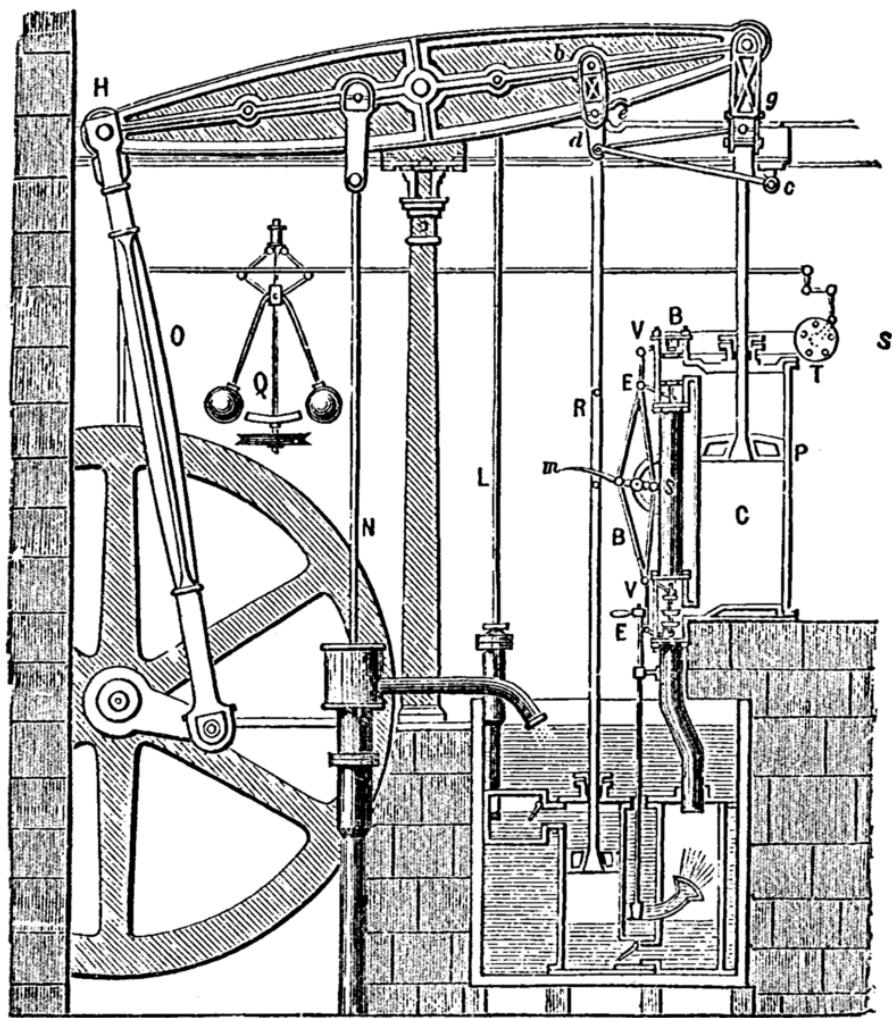
棉紡織業機器的使用引發其他行業的連鎖反應，不久在採煤、冶金等工業部門，陸續有了機器生產。隨著越來越多的工業機械化，一個新課題又擺在人們面前，這就是動力(power)問題。



Power Sources

Power	What was it?	Problems with it?
Hand	 <ul style="list-style-type: none"> •Man making the machines work •Man made clothes •Human power 	<ul style="list-style-type: none"> •Hand power wasn't enough too power big machines •Can't lift heavy machinery
Animal	 <ul style="list-style-type: none"> •They used animals to power transport •The main animal power used was horse power 	<ul style="list-style-type: none"> •The animals could die or pass out. •They might not be strong enough •They maybe injured
Water	 <ul style="list-style-type: none"> •The metal bar would turn the other wheel then it would turn a huge bar to power the machines 	<ul style="list-style-type: none"> •Water could freeze •Factories had to be built near a water supply
Steam	 <ul style="list-style-type: none"> •Steam engines produced rotary power and was very reliable 	<ul style="list-style-type: none"> •More expensive for the coal •It could break down and need

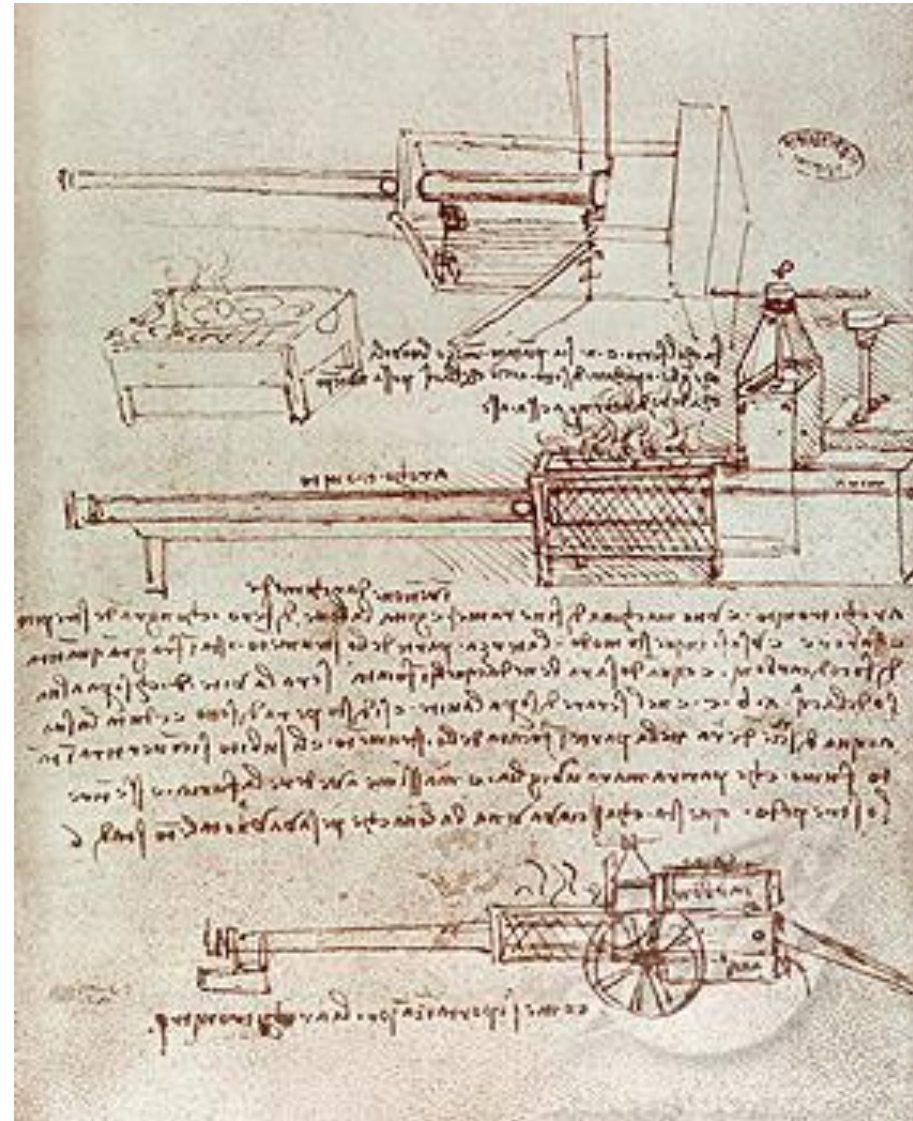
新動力與新能源



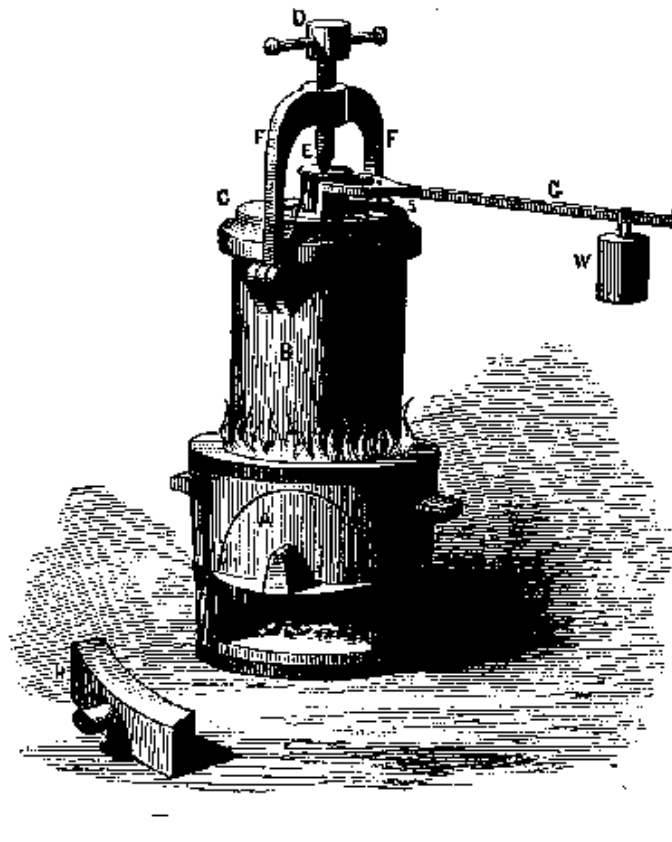
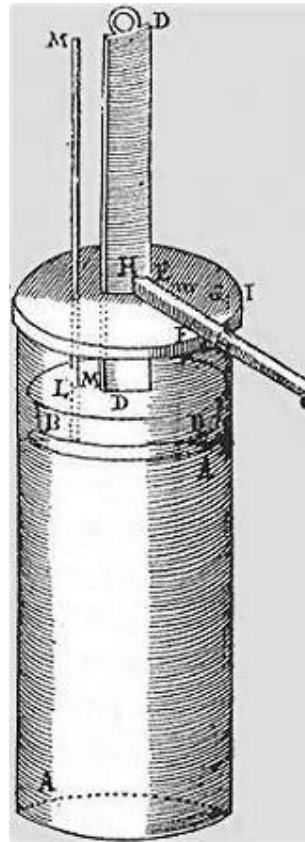
水燒熱之後膨脹變成水蒸氣，這個道理人們很早就知道了，在西元前二世紀末，希羅Hero of Alexandria知道蒸汽的動力作用，在他的著作中，記載他曾經製造過一種利用水蒸汽旋轉的玩具aeolipile。



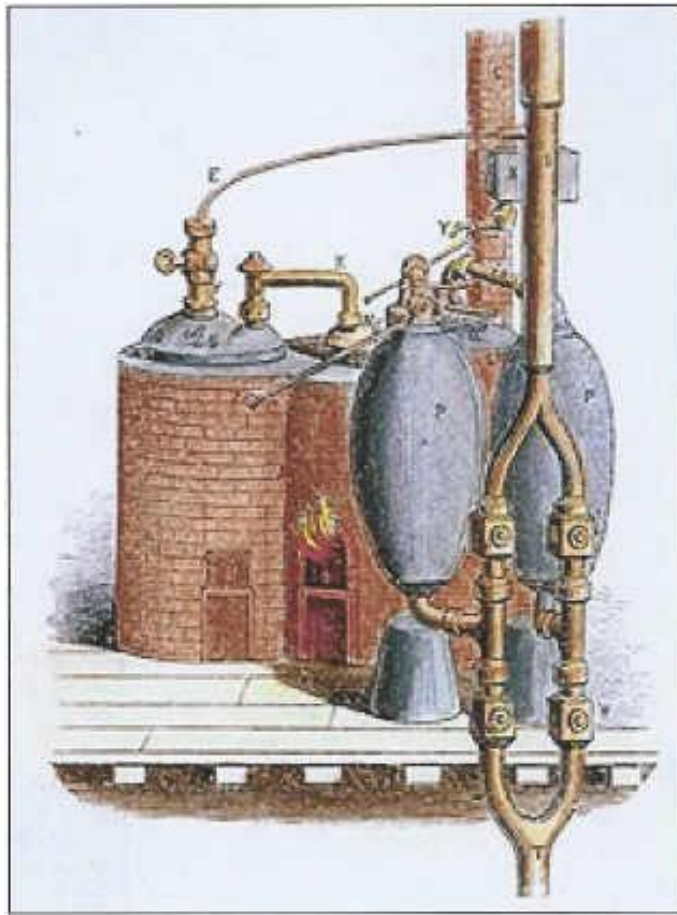
文藝復興時期，達文西Leonardo da Vinci嘗試設計一種利用蒸汽啟動的大炮(Steam cannon)，為了工業的目的，把蒸汽用作動力的實驗，則是從近代才開始。



法國 Denis Papin 稱得上是第一個蒸汽力的實驗者，他於1680年試驗成功第一台可以把熱能轉變為機械能的蒸汽泵，但是他的發明並沒有實際用於工業上。



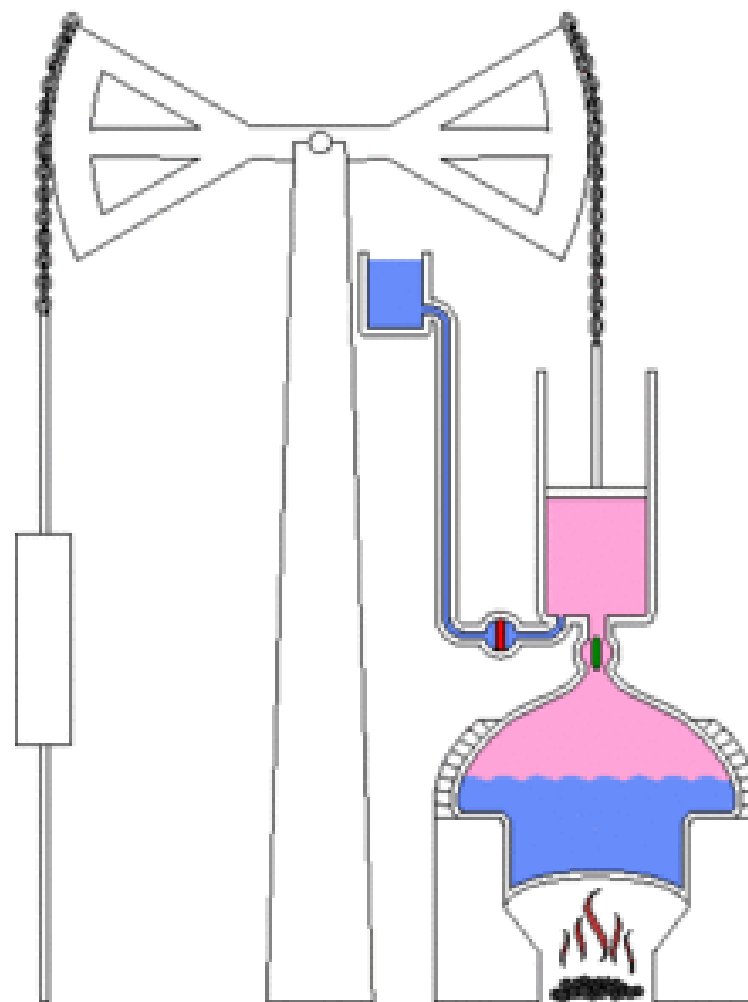
1698年，英國 Thomas Savery發明利用蒸汽而製成的抽水機，但是不夠堅固，經常撐不住大量蒸汽的壓力，常常破裂。



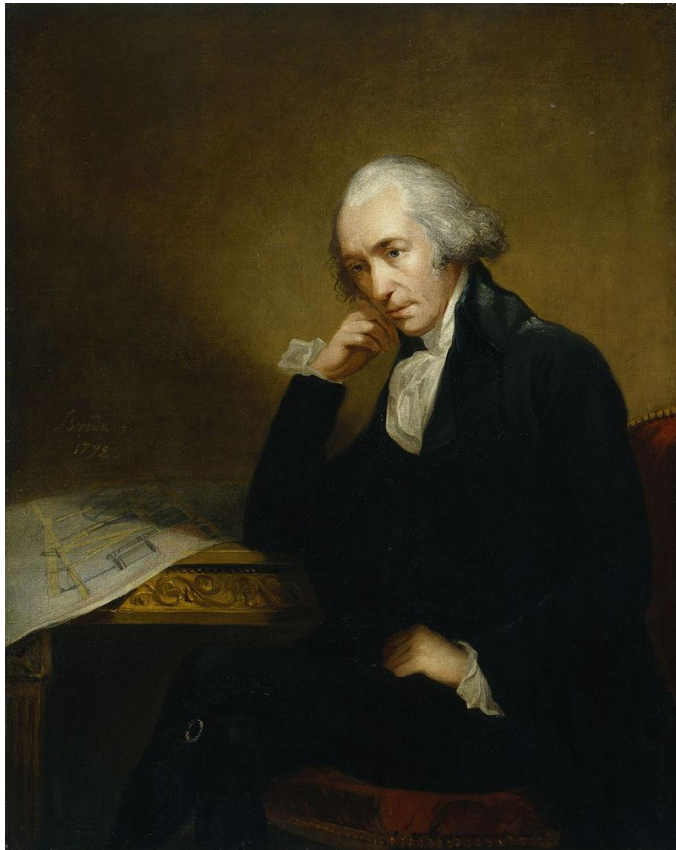
1712年，Thomas Newcomen在Thomas Savery抽水機的基礎上加以改進，製造出第一部真正可用作動力的蒸汽抽水機。



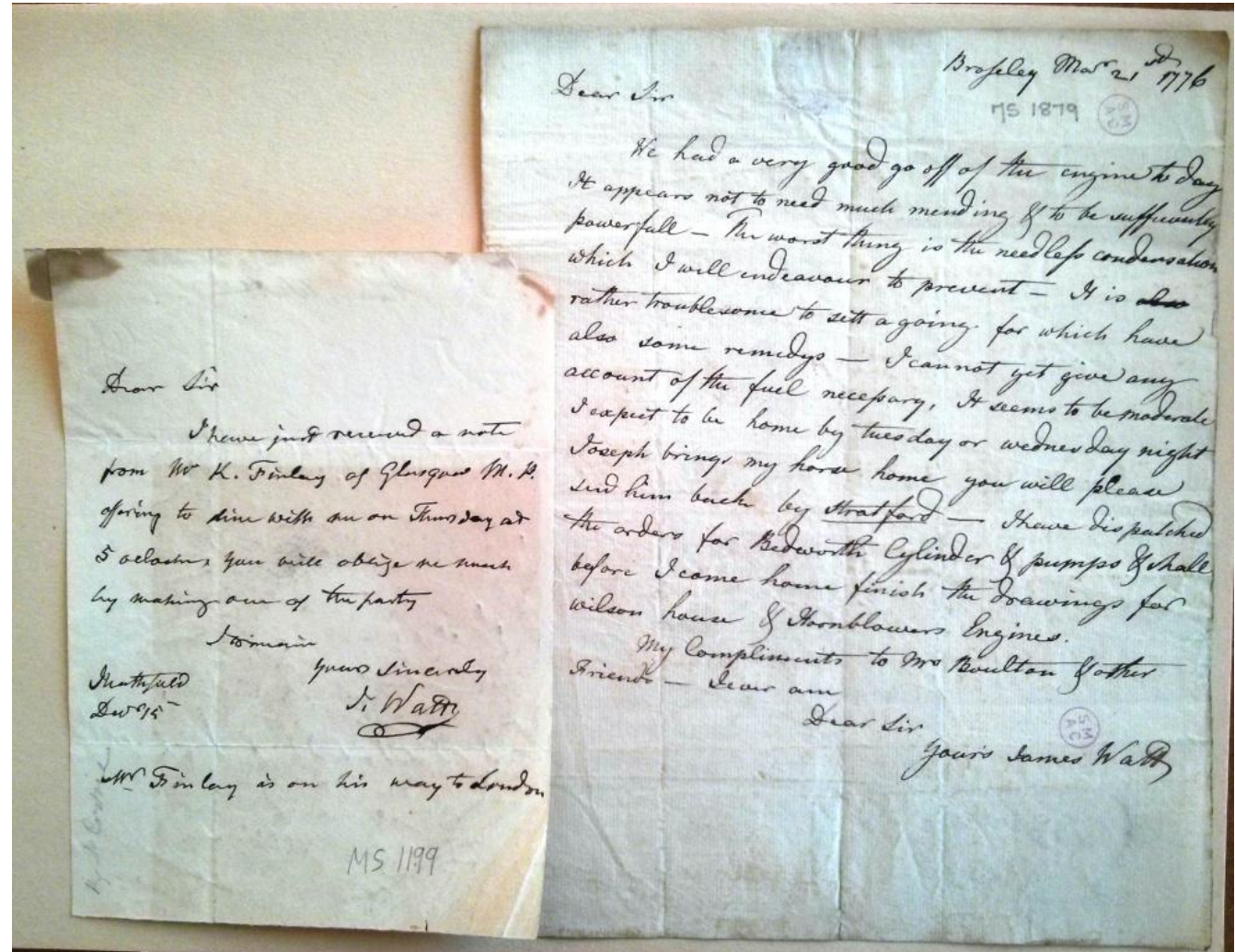
THOMAS NEWCOMEN



James Watt在格拉斯哥大學(University of Glasgow)擔任製造和修理自然科學儀器的工作時，注意到Newcomen式蒸汽機之所以浪費很多熱量和時間，是因為汽缸裡既要產生蒸汽，又要注入冷水。1765年春天，他終於想出解決問題的辦法。



James Watt

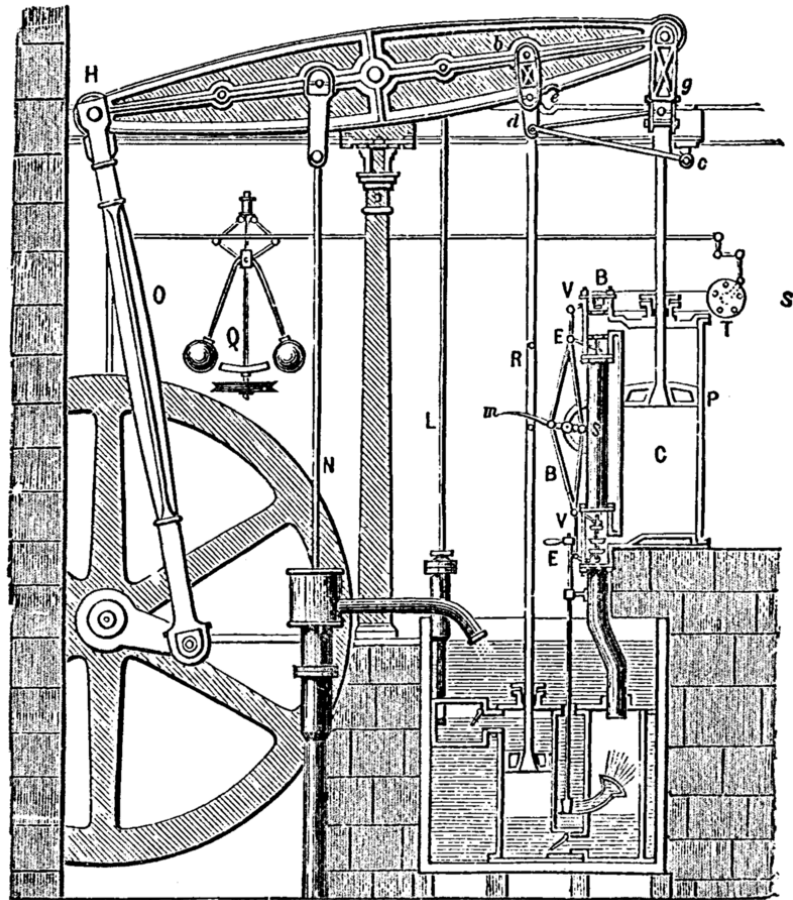


裝上一個隔離式冷凝器(condenser)裝置後，蒸汽不是在汽缸內冷卻凝固，而是讓蒸汽通過一個閥門，進入一個單獨保持冷卻的冷凝器，這樣就不需要降低汽缸的溫度，真空也能夠不斷產生。

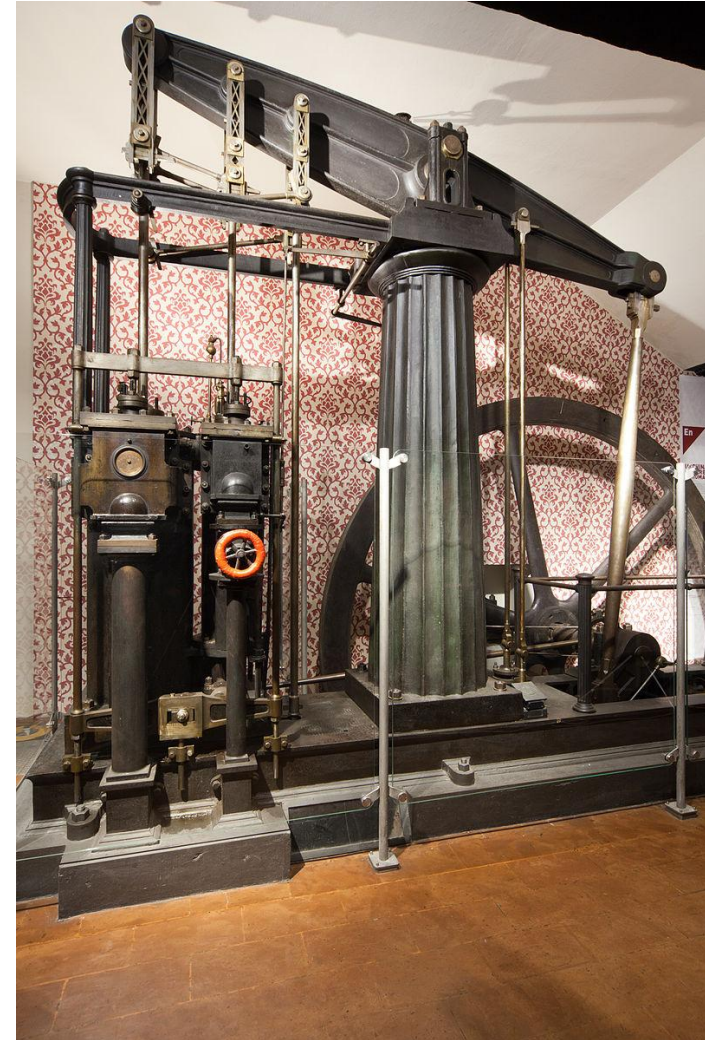
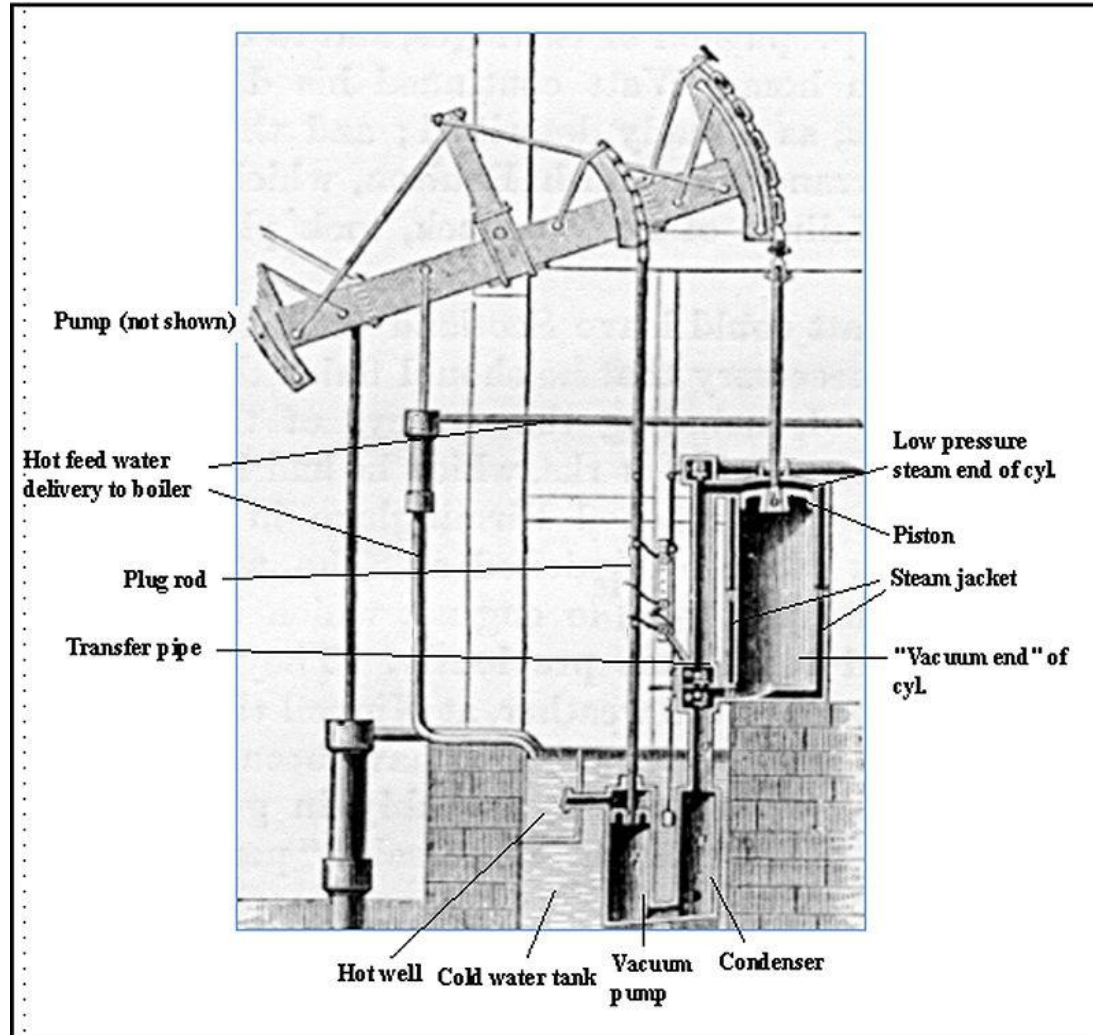


冷凝器(condenser)

1769年，瓦特製成第一部蒸汽機，以發明分離冷凝器(Separate condenser)獲得他在革新Newcomen蒸汽機過程中的第一個專利。但仍無法克服Newcomen蒸汽機只作往返運動的缺點，不能使蒸汽機變成能帶動各種工作機的原動機。



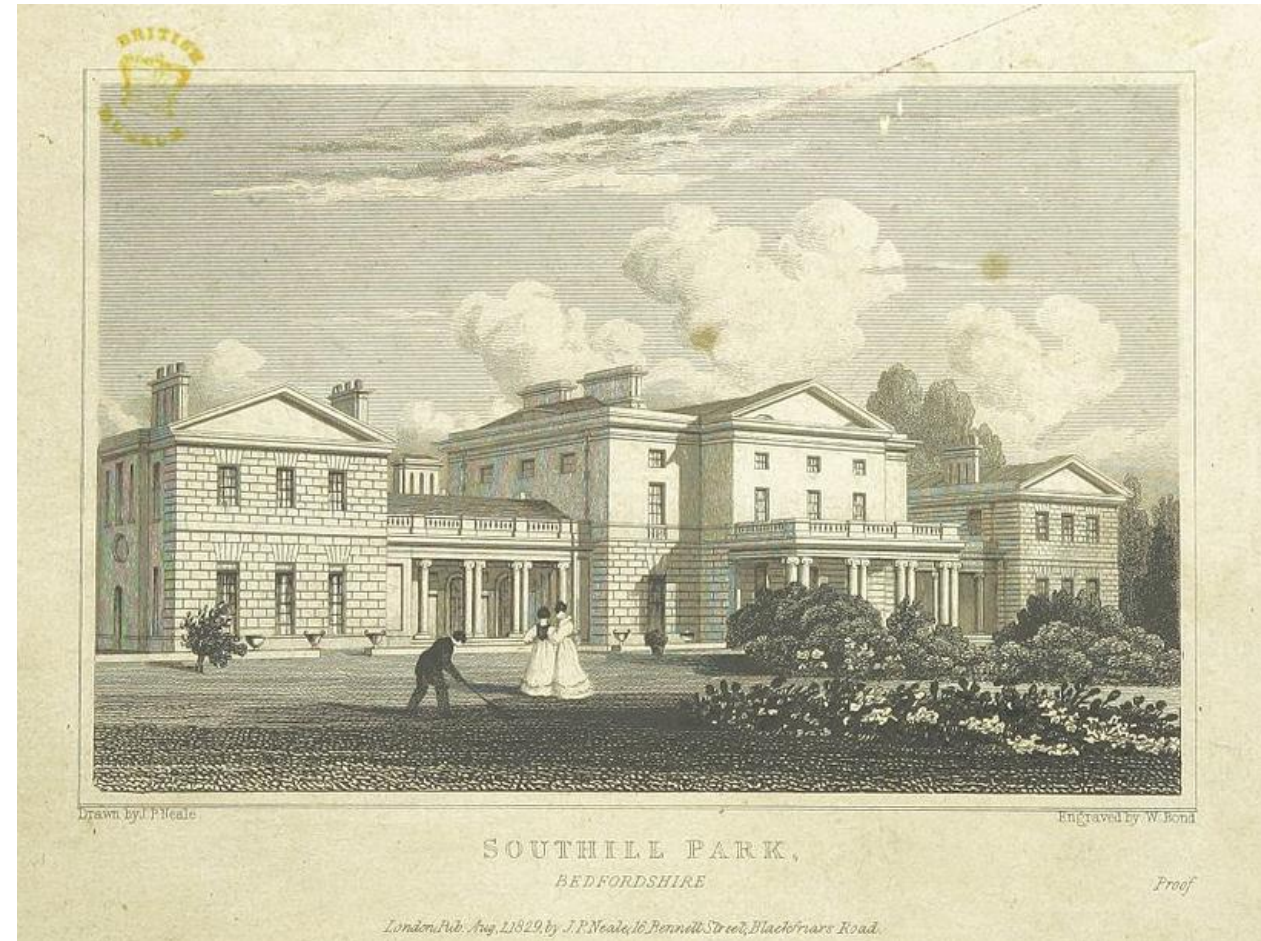
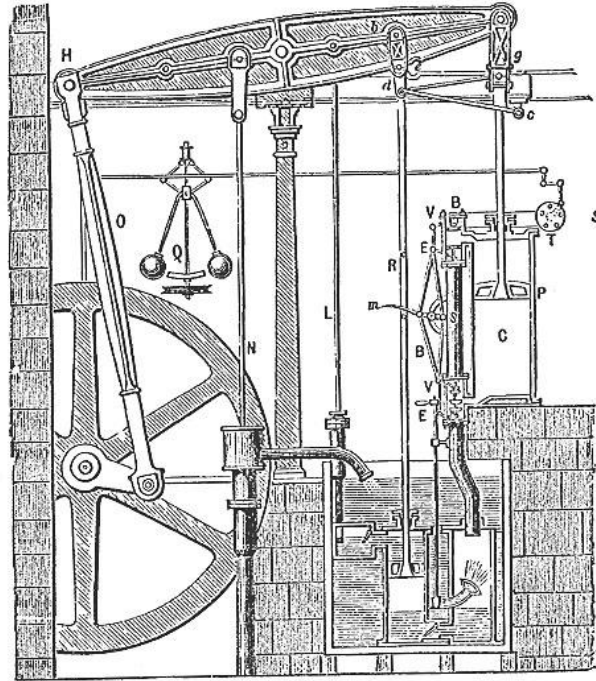
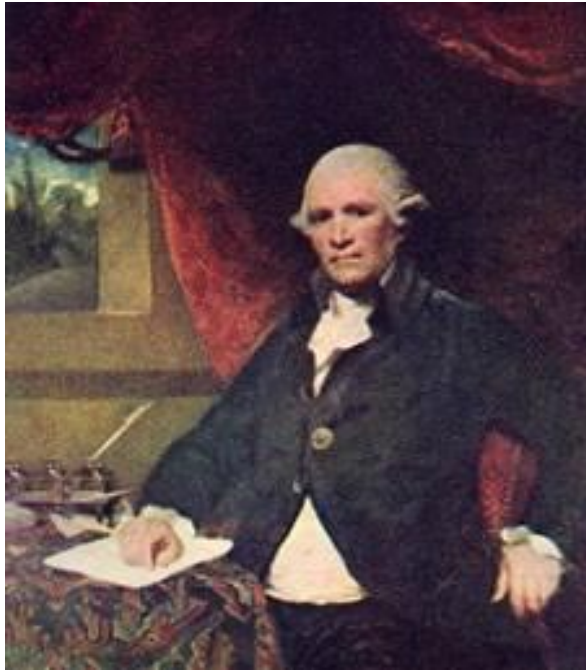
1781年，瓦特研發一套齒輪聯動裝置，可以將活塞(piston)的往返直線運動，轉變為輪軸的旋轉運動，他因此獲得了第二個專利。為了進一步提高效率，提升蒸汽機的動力，瓦特對汽缸本身進行分析與研究。



1782年，瓦特試作一種有雙向裝置的新汽缸，把原來的單向汽缸組裝成雙向汽缸，並首次把引入汽缸的蒸汽，由低壓蒸汽改為高壓蒸汽，他也因此取得第三個專利。1784年，經過再次改良的蒸汽機，不僅能適用於各種機械運動，還增加一種自動調節蒸汽機速率的裝置。

- Patent 913 A method of lessening the consumption of steam in steam engines-the separate condenser. The specification was accepted on 5 January 1769; enrolled on 29 April 1769, and extended to June 1800 by an act of Parliament in 1775.
- Patent 1,244 A new method of copying letters; The specification was accepted on 14 February 1780 and enrolled on 31 May 1780.
- Patent 1,306 New methods to produce a continued rotation motion – sun and planet. The specification was accepted on 25 October 1781 and enrolled on 23 February 1782.
- Patent 1,321 New improvements upon steam engines – expansive and double acting. The specification was accepted on 14 March 1782 and enrolled on 4 July 1782.
- Patent 1,432 New improvements upon steam engines – three bar motion and steam carriage. The specification was accepted on 28 April 1782 and enrolled on 25 August 1782.
- Patent 1,485 Newly improved methods of constructing furnaces. The specification was accepted on 14 June 1785 and enrolled on 9 July 1785.

1785年，一個使用瓦特蒸汽機(Boulton & Watt Rotative Steam Engine)的英國釀酒廠 the London Brewery of Samuel Whitbread 落成，蒸汽機很快的在棉紡織業、毛紡織業、採礦業、冶金業、造紙業、印刷業、陶瓷業等工業部門，得到廣泛的應用。



瓦特蒸汽機的問世，解決了工業發展中的動力問題，從此只要有煤作為燃料，就可以啟動蒸汽機，工廠也不再受到河流水力的限制。



蒸汽機的發明使機械化生產突破自然條件的限制，是人類社會進入機械化時代的里程碑，加速工業革命的進程。蒸汽機的廣泛利用，出現發明和使用機器的熱潮，促使工業革命開展。

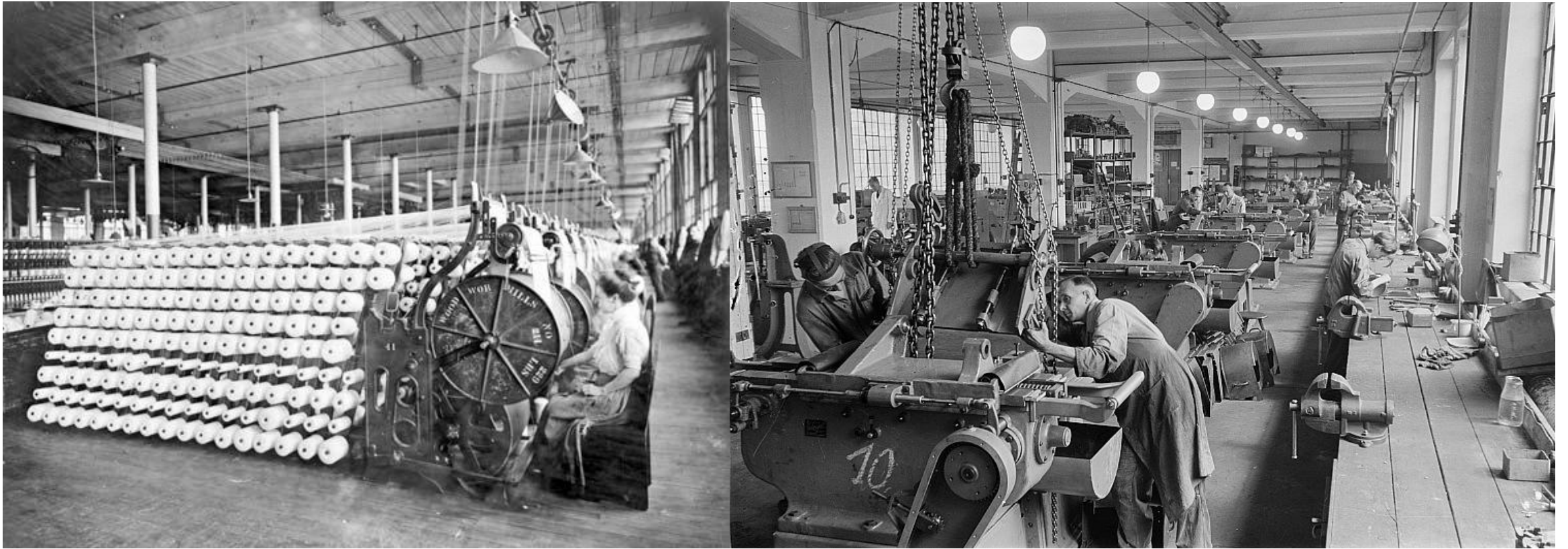


蒸汽火車



汽船

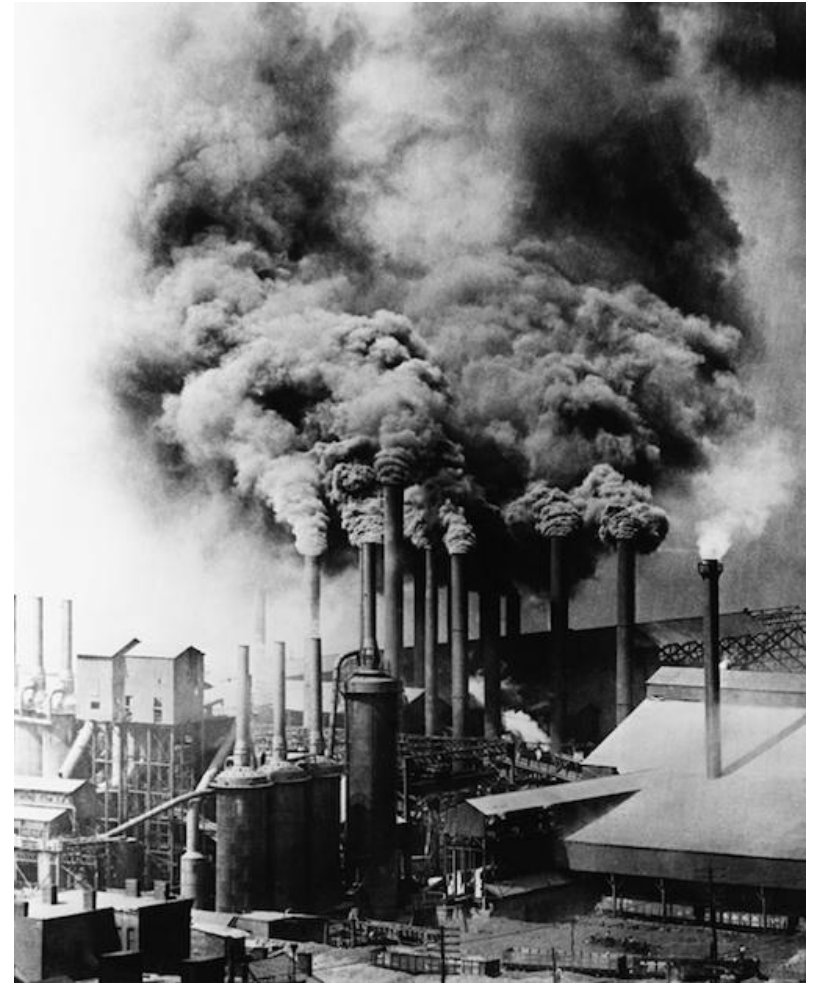
隨著工業生產中機器逐漸取代手工，傳統的手工工廠無法適應機器生產的需要，為了方便進行生產管理，提高效率，資本家開始建造廠房，安置機器，雇用工人集中生產，一種新興的生產組織形式工廠就這樣出現了，工廠成為工業化生產的最主要組織形式，發揮著日益重要的作用。



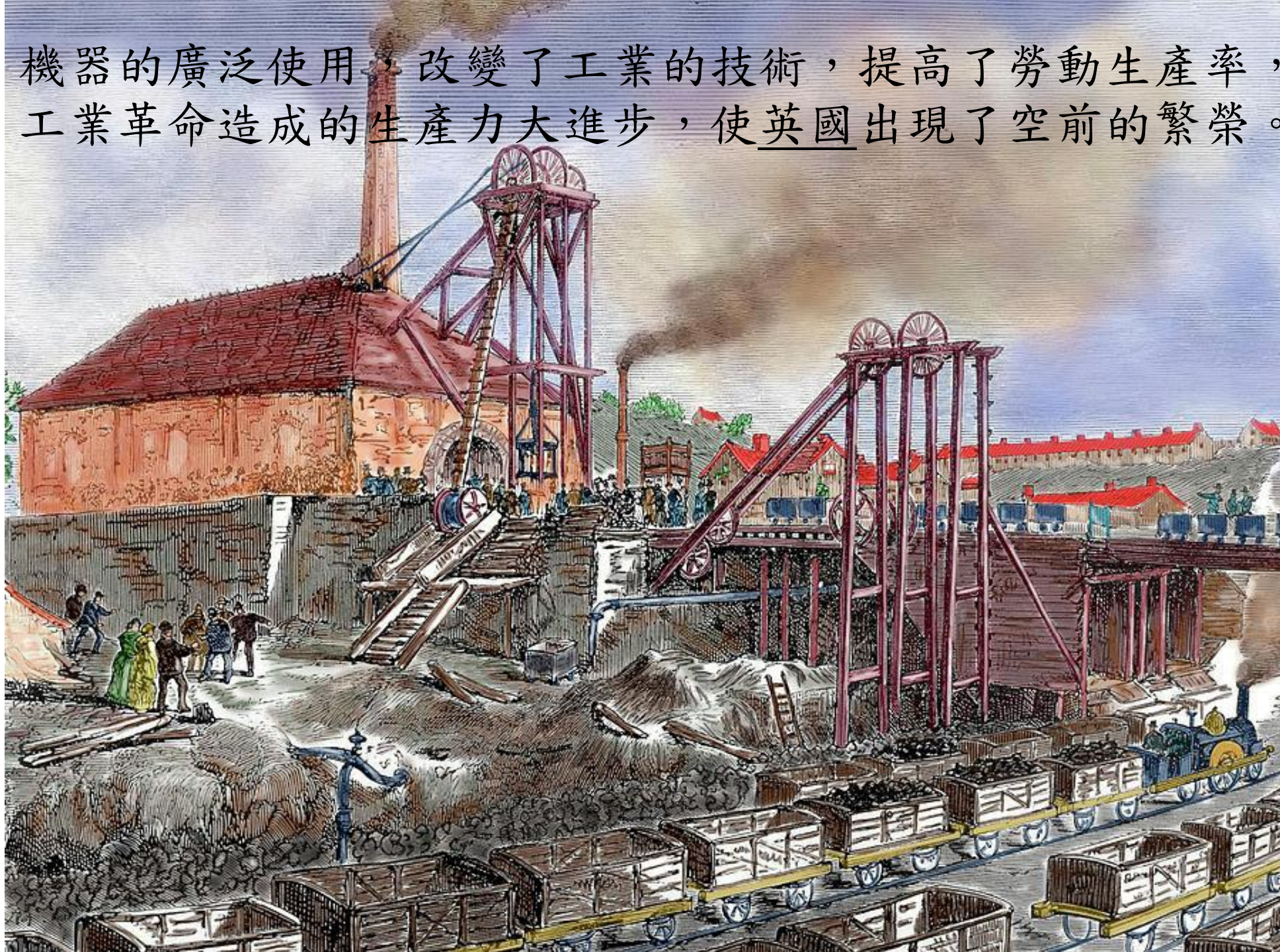


1840年，英國大機器生產已基本取代手工業，用機器製造機器的機器製造業也建立起來，工業革命基本完成，英國成為世界上第一個工業國家。

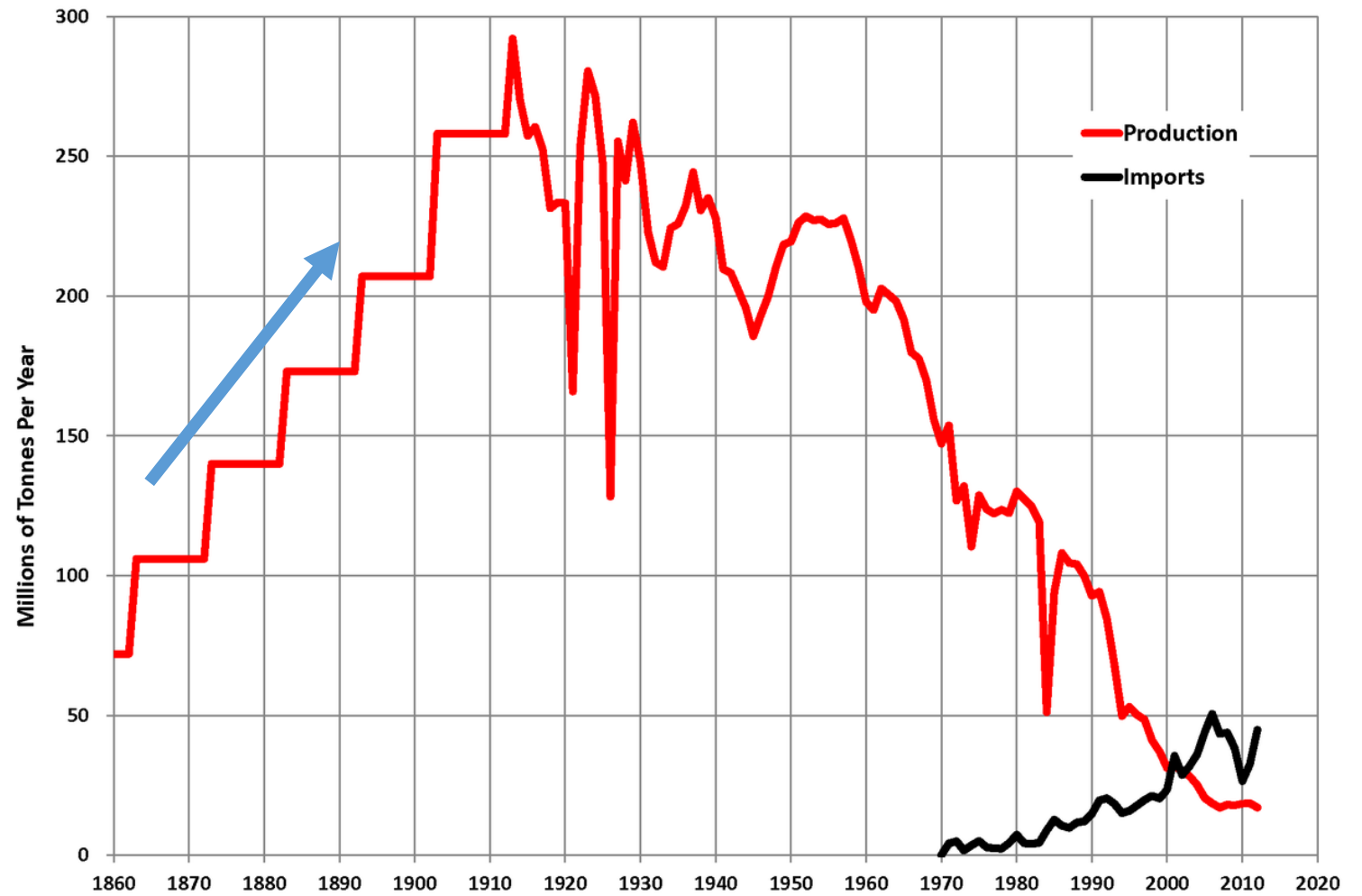
英國到處開始建立起大工廠，高聳入雲的煙囪噴出縷縷煙霧，龐大的廠房發出轟鳴，打破原來中世紀田園生活的恬靜。以此為標誌，歷史跨入一個新時代，人類社會從此進入了蒸汽時代。



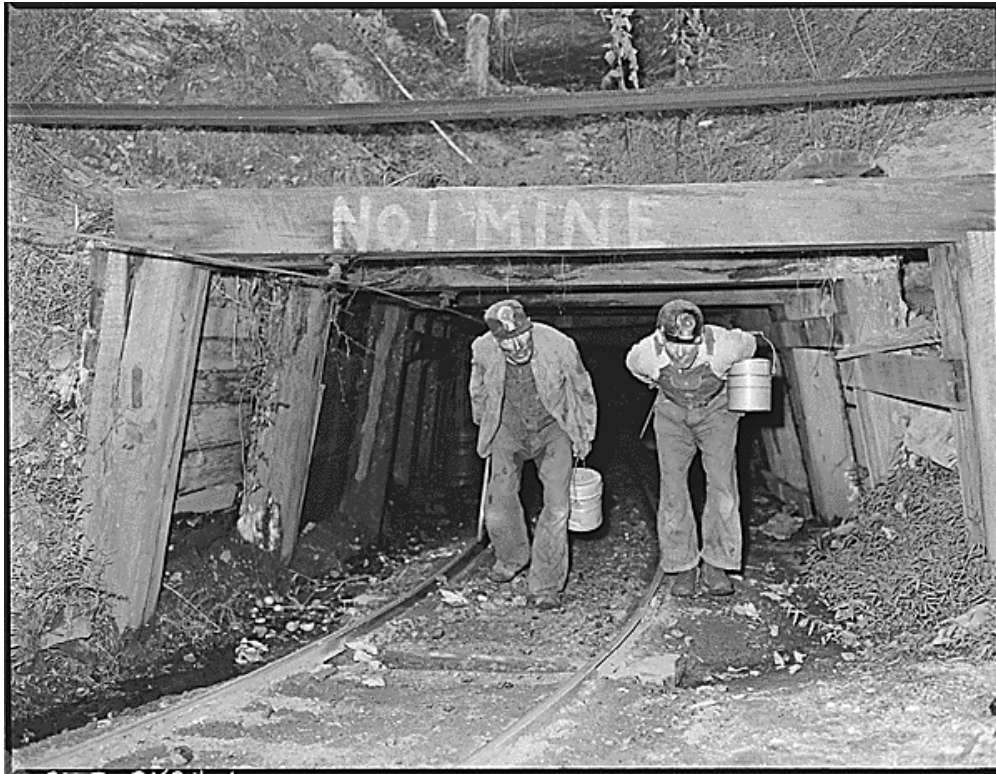
機器的廣泛使用，改變了工業的技術，提高了勞動生產率，工業革命造成的生產力大進步，使英國出現了空前的繁榮。



煤炭(coal)可說是近代工業的食糧，如果沒有煤，就沒有機器工業的發展，也就沒有工業革命。正因為英國的煤炭儲藏量非常豐富，所以支撐著英國工業革命的蓬勃發展。



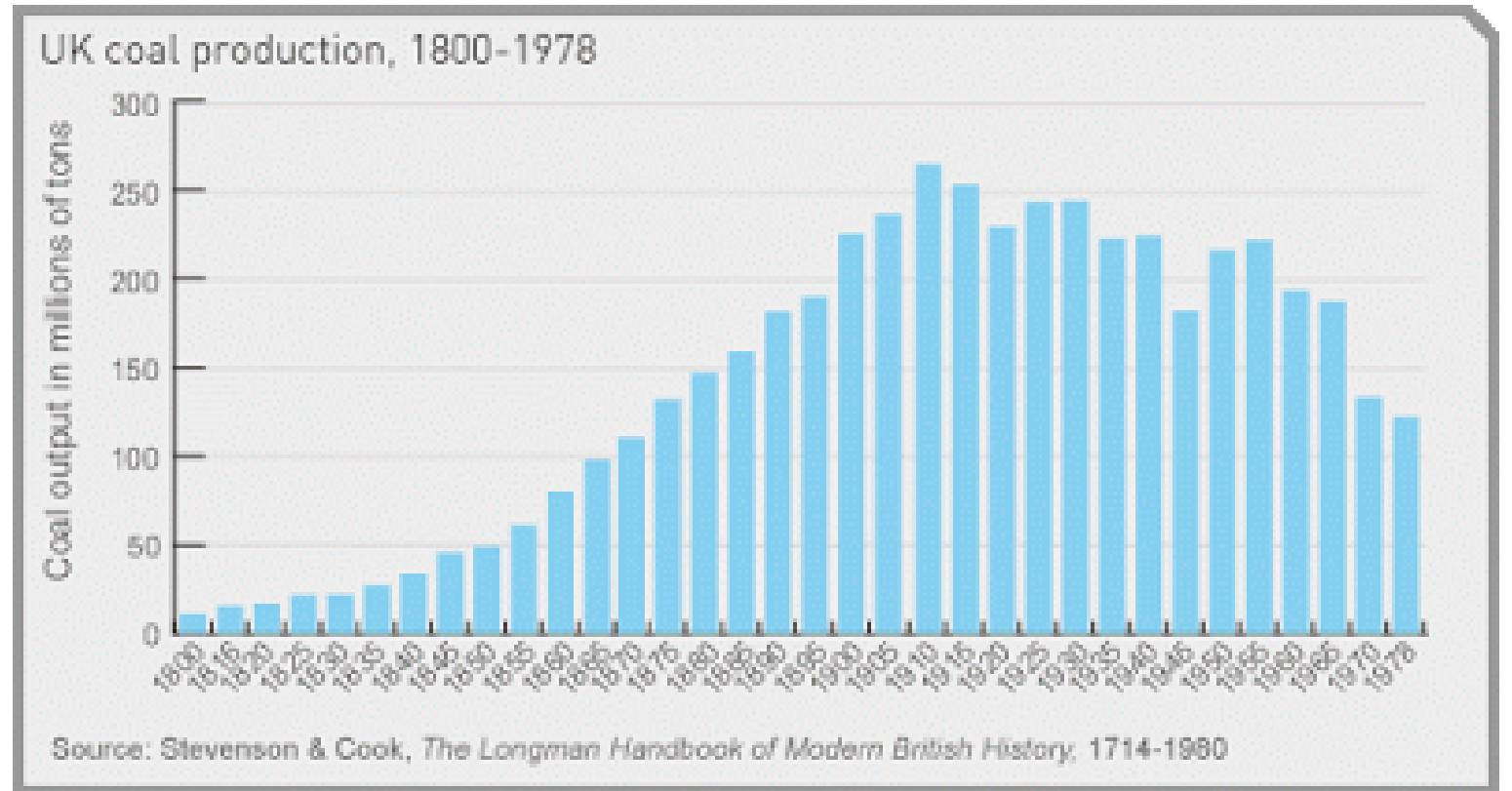
在中世紀，由於燒煤使空氣污染，封建統治者嚴厲禁止採煤，由於工業革命的興起，英國對於煤炭的需求擴大，煤炭工業迅速發展。1846年，英國煤炭年產量已經達到四千四百萬噸，成為歐洲甚至是全世界第一大產煤國。



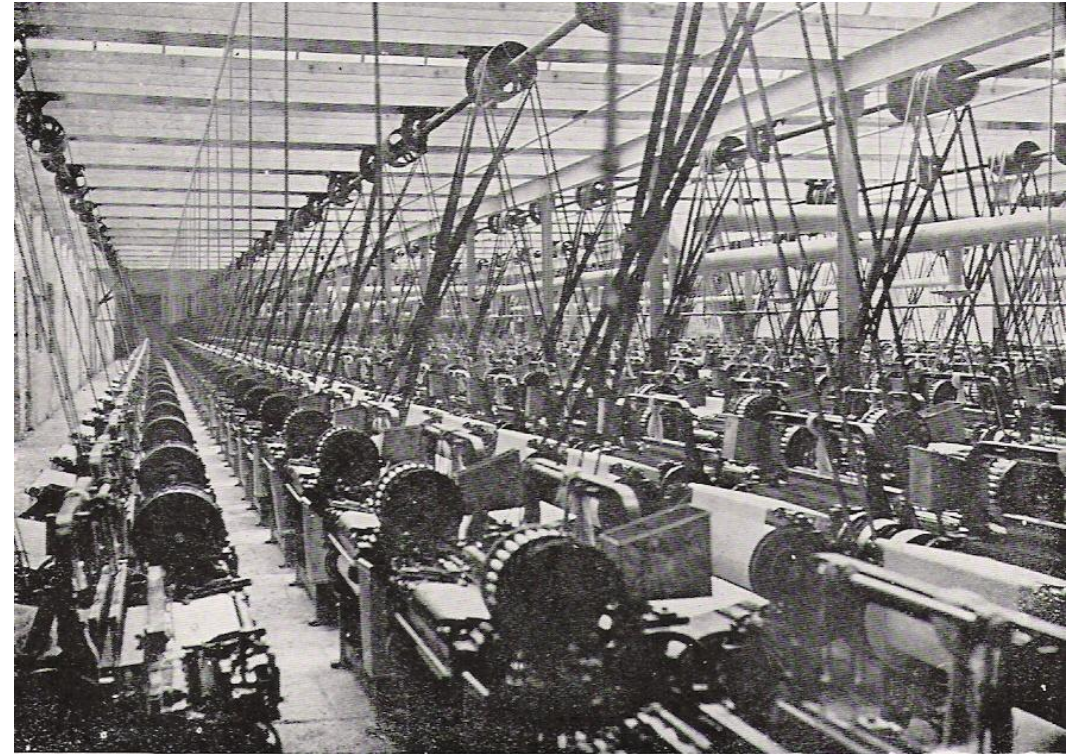
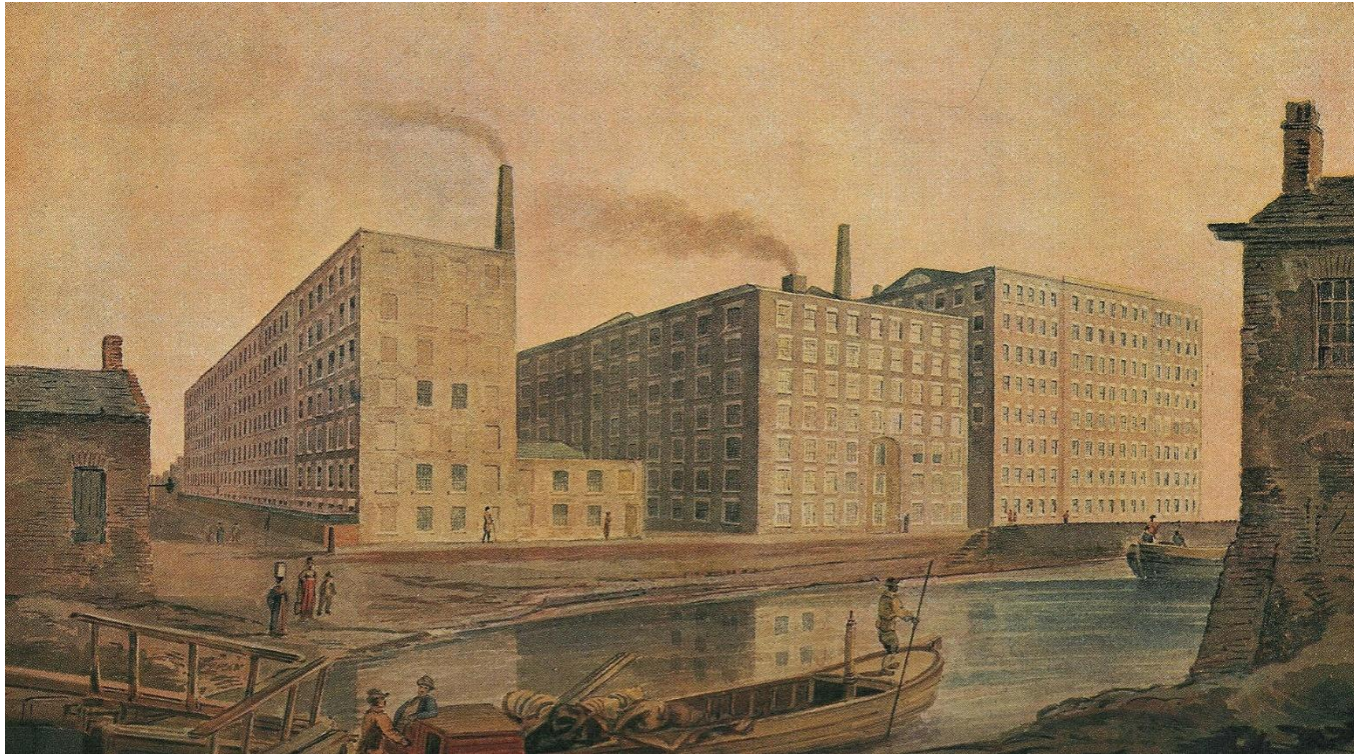
開採煤礦工作十分辛苦。



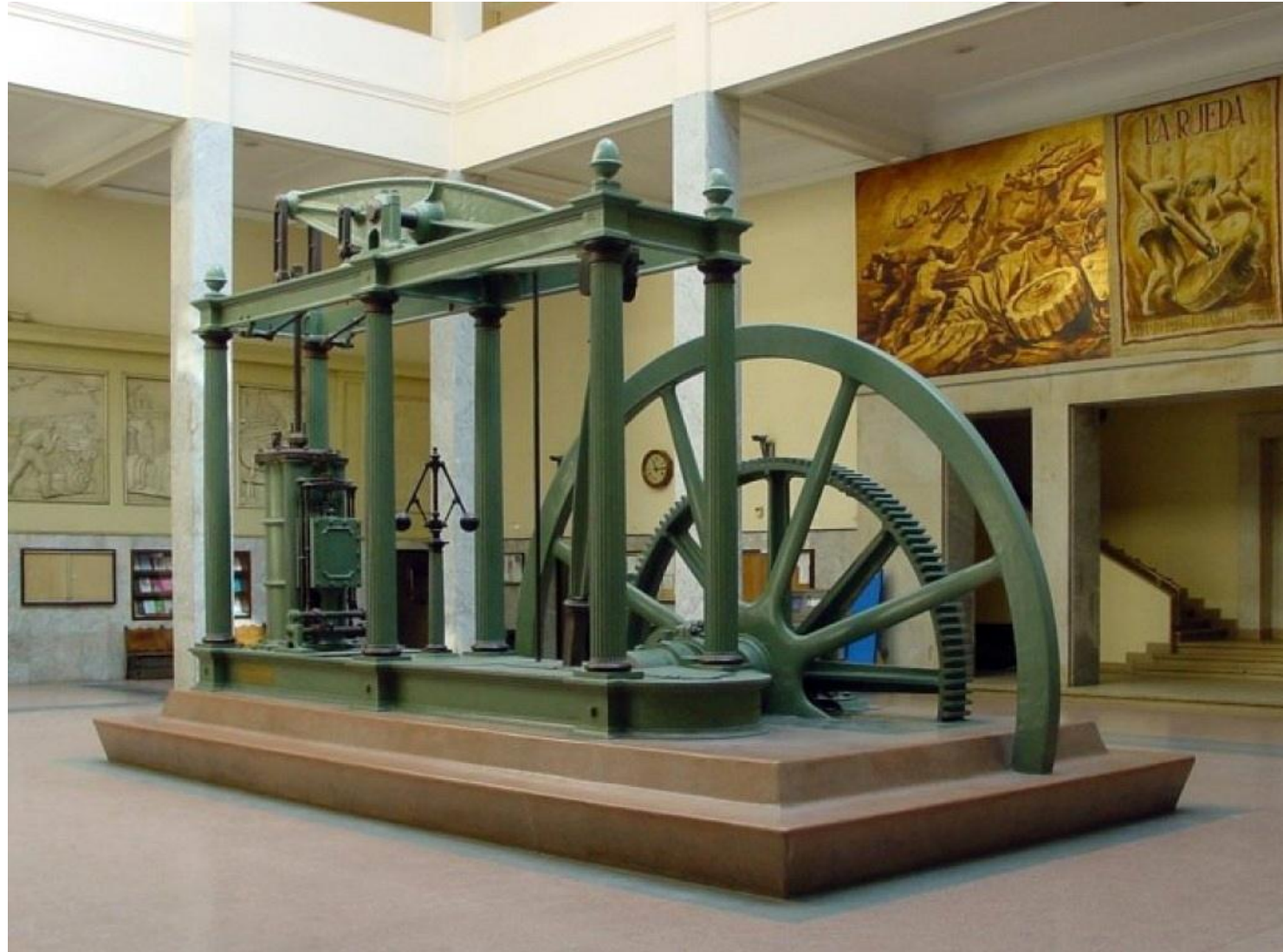
英國的煤產量在1790年為260萬噸，1836年增至3000萬噸。



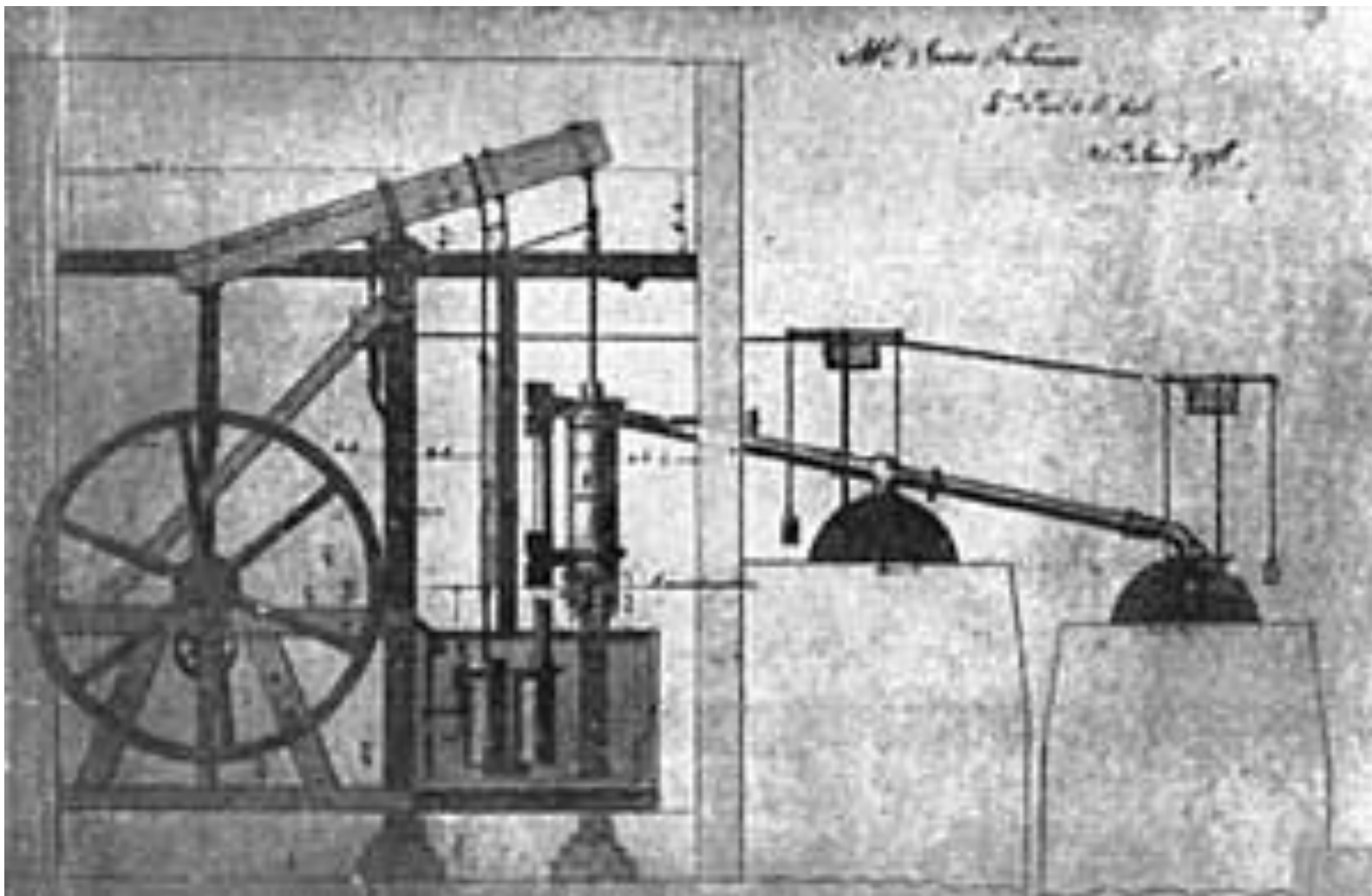
隨後其他紡織機器相繼發明，實現了紡織行業的機械化生產。當時紡織的動力依靠水力，工廠必須設在河邊，限制了工業發展。隨著蒸汽機技術的發明和成熟，蒸汽機動力開始被應用在紡織工業。



1769年James Watt根據前人的成果，發明單向蒸汽機。
1782年他又製造出雙向蒸汽機，蒸汽機推動了工業革命的發展。



1785年James Watt在英國 Nottingham建立第一個蒸汽紡紗廠 Robinson's Mill。



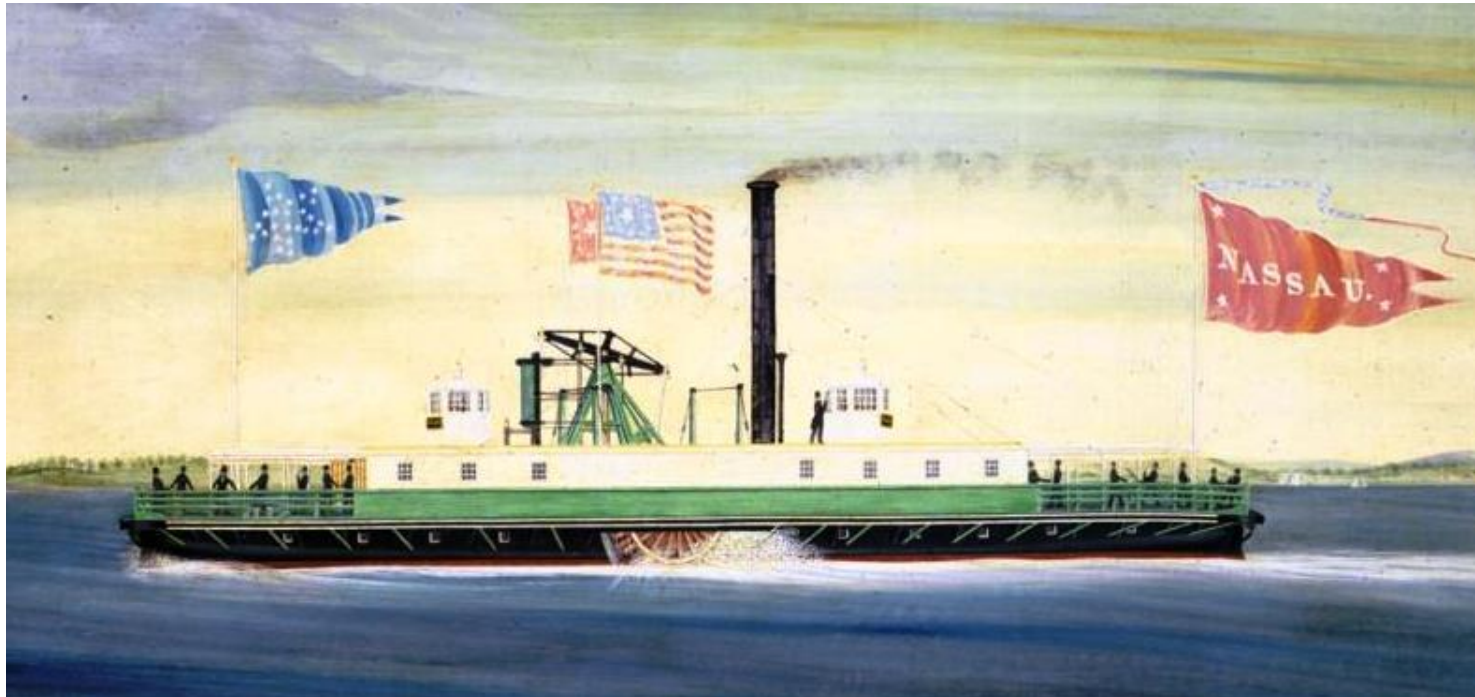
1800年英國擁有蒸汽機321台、5210匹馬力。
1825年，蒸汽機暴增到15000台，375000馬力。



運輸革新：1768年，英國開始在煤礦使用鐵軌(cast iron rails)。
1779年，英國在Shropshire在建成第一座鐵橋(The Iron Bridge)。



1807年美國 Robert Fulton發明汽船。
1811年，英國也開始仿製汽船。

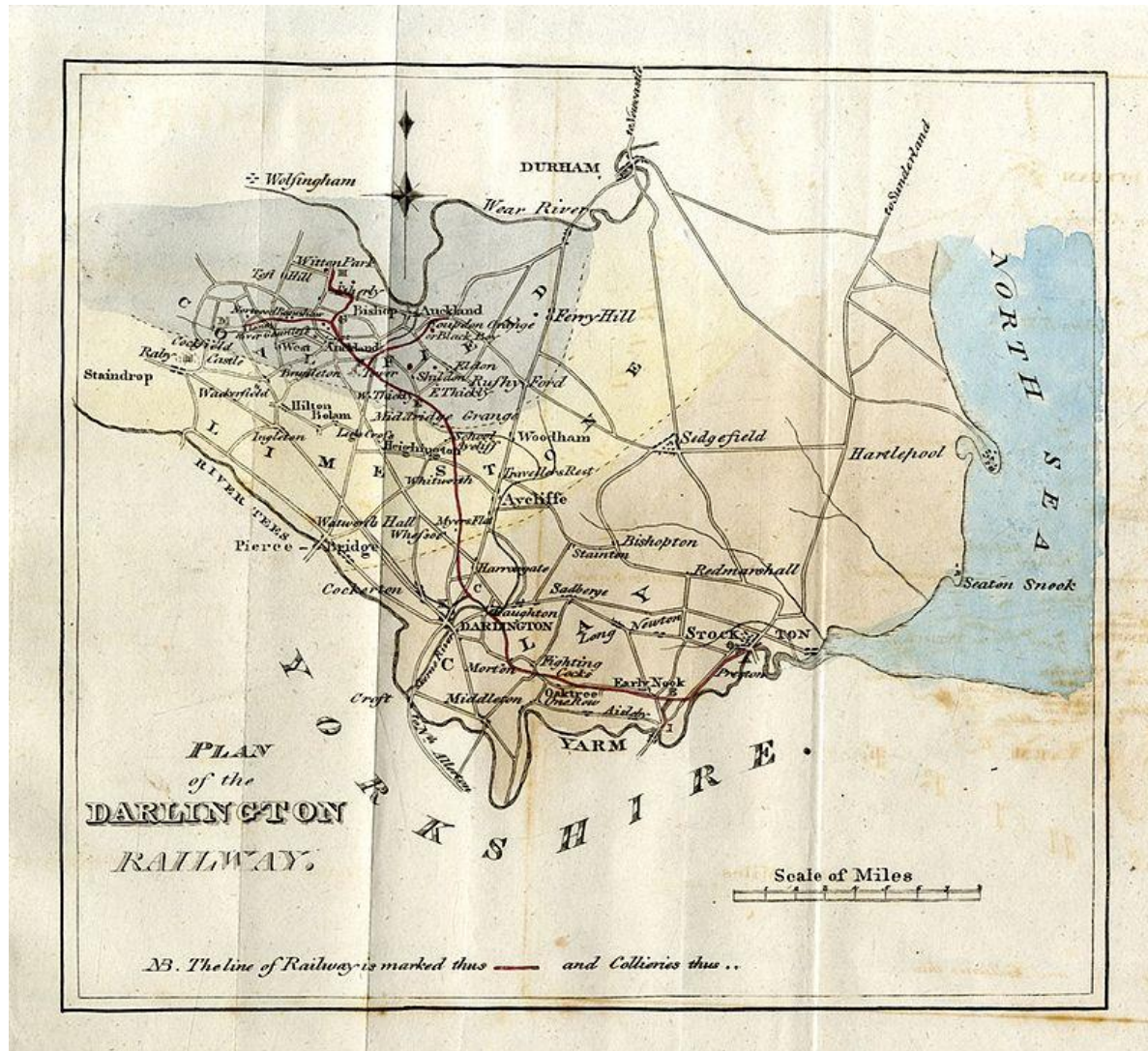


Robert Fulton

1814年George Stephenson發明蒸汽機車，
在英國Killingworth煤礦運煤。



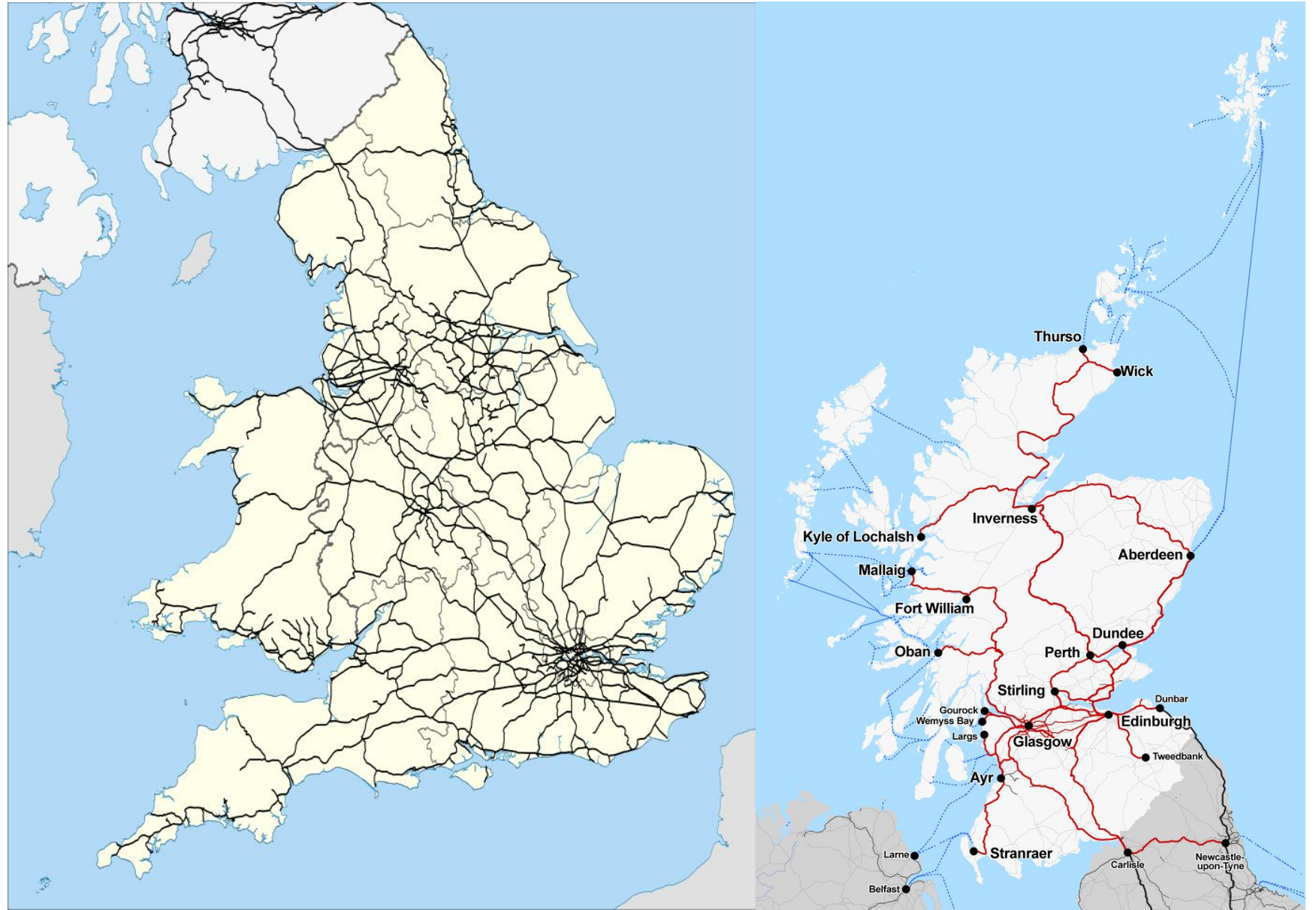
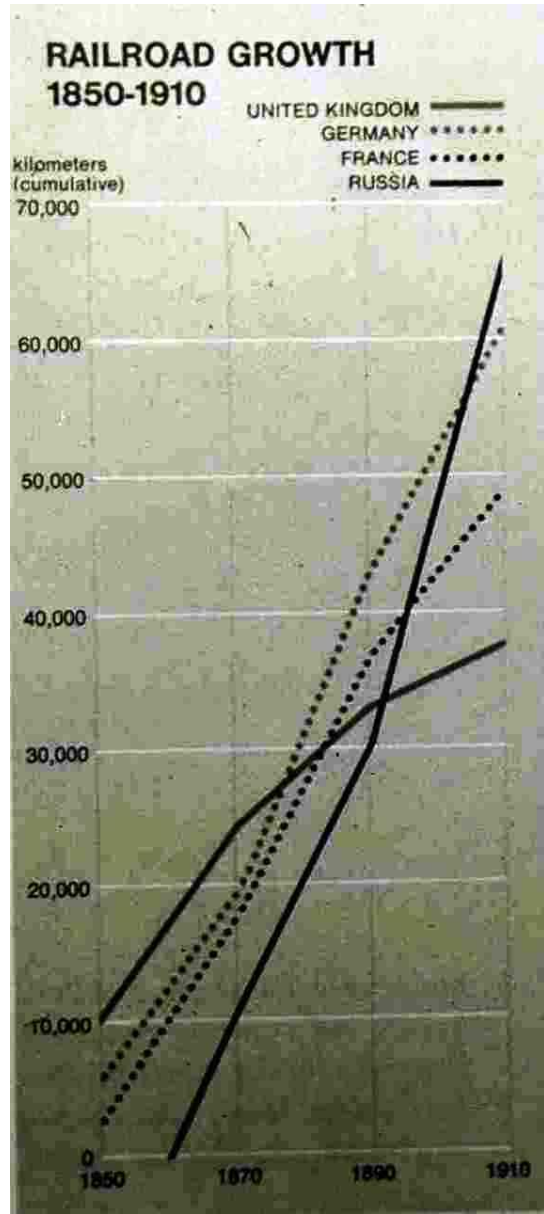
1825年George Stephenson的第一輛客運火車在 Stockton and Darlington的鐵路上試車成功，這是世界上第一條客運鐵路。

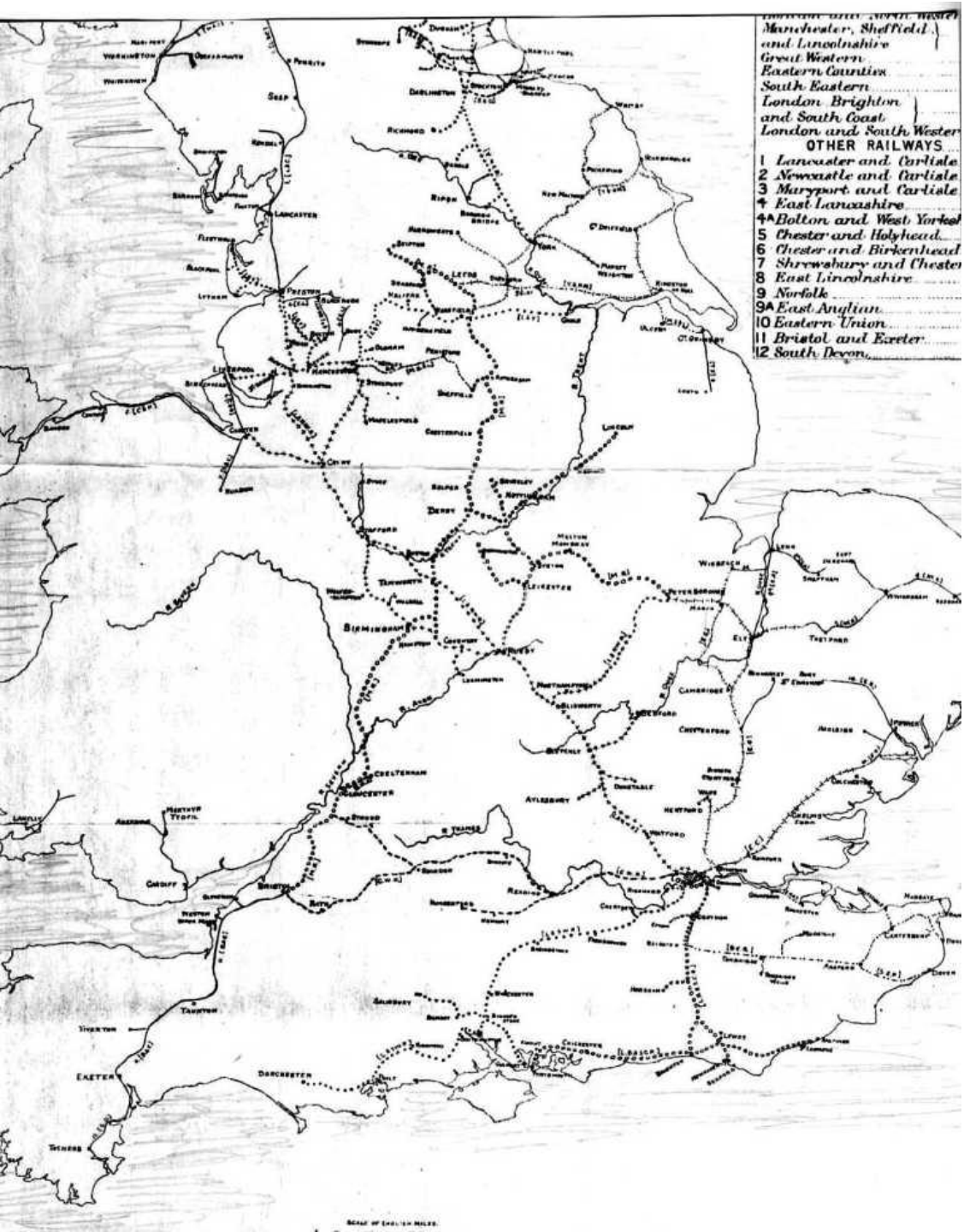


1759-1830年，英格蘭的運河
已經長達2200英里。



西元1844年，英國鐵路已經長達2235英里。

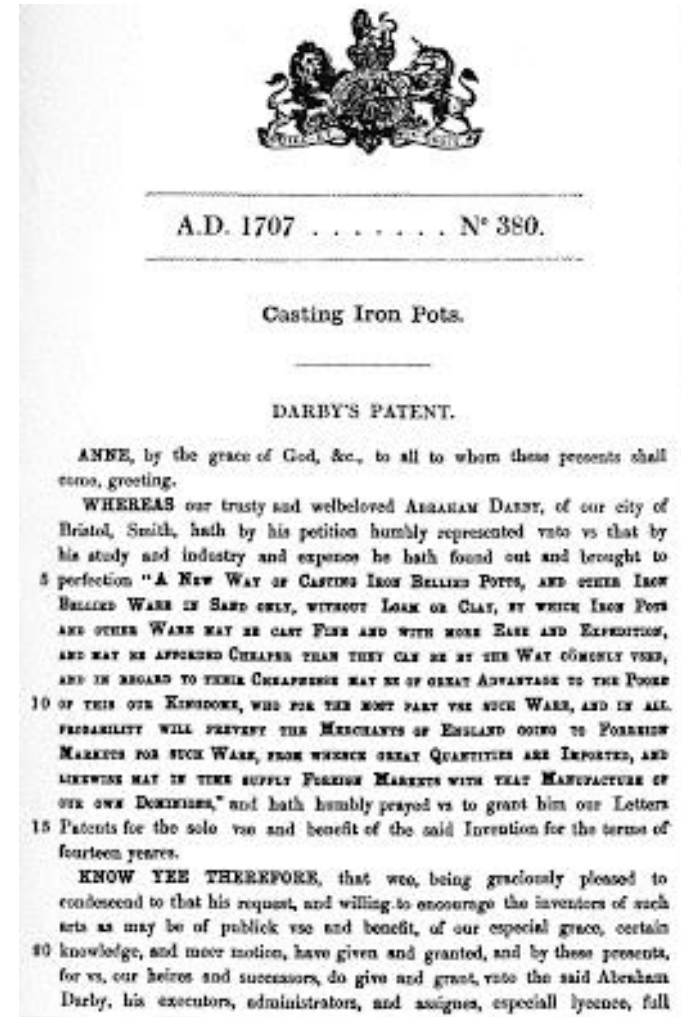




1850 -
1890
Southern
England
Railroad
lines



鋼鐵工業革新：1707年，Abraham Darby I採用焦炭取代木炭煉鐵，獲得成功，並很快獲得這項技術的專利。





1750年，Benjamin Huntsman發明坩埚煉鋼工藝，是轉爐煉鋼技術發明前最重要的煉鋼方法，是歐洲歷史上鋼首次被熔化冶煉。



工業革命帶來的影響

EFFECTS OF INDUSTRIAL REVOLUTION

16世紀，工業革命在英國進展顯著，隨之而來的是貧困人口激增，社會的不安定因素也愈演愈烈。傳統的貧困人口救濟主要仰賴教會，面對如此大規模的貧困人口，教會缺少足夠的財力來進行救濟。



解決貧困問題是政府應盡的責任。





A SELECT VESTRY



這個時期，英國王室提出了一系列濟貧法案，1563 Act for the Relief of the Poor、1572 Vagabonds Act、1575 Poor Act、1597 Act for the Relief of the Poor，其中以1601年的《伊莉莎白濟貧法》Elizabethan Poor Law最具有代表性。

它承認解決貧困問題是政府應盡的責任，堪稱是世界上最早的社會保障法，標誌著社會救濟制度的建立。

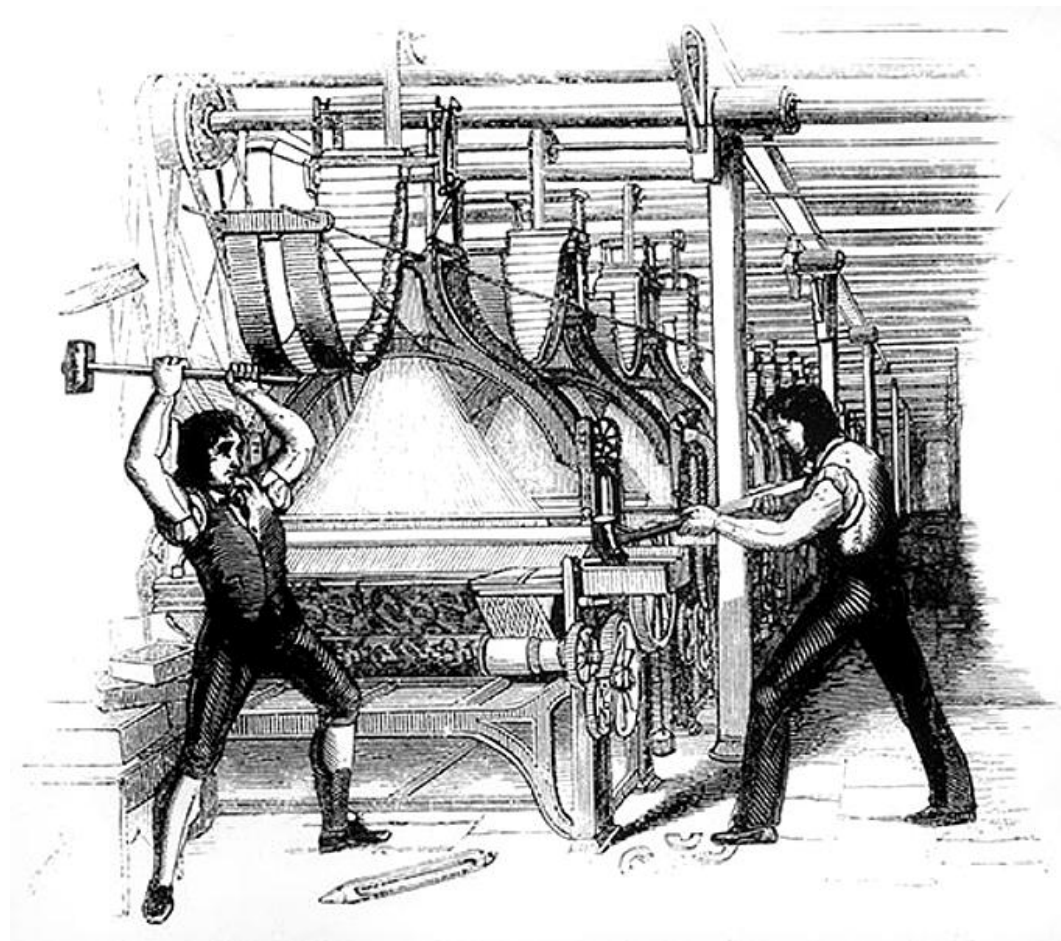


工業革命後的社會因為工業社會來臨，造就新中產階級，促使貧富差距擴大，進一步形成嚴重的階級問題(Social and class issues)。

19世紀一位英國社會的觀察家說出英國社會的階級分化：「全世界沒有一個地方像曼徹斯特一樣，貧富的差距如此之大.....在這裡，棉紡織廠老闆和他的工人之間的私人往來，遠比威靈頓公爵 Arthur Wellesley, 1st Duke of Wellington和他最卑微的佃農之間的接觸，要少得多。」



1779年英國Leicester一名織布工人Ned Ludd曾經怒砸兩台織布機，
1811年因為工業革命運用機器大量取代人力，使許多手工工人失業。
後人也將反對任何新科技的人稱為「盧德主義者」(Luddites)。



工業革命增加了人類的物質富裕，但也造成傳統社會秩序徹底分裂，並帶來了新的社會問題，例如污染、個人與群體社會的疏離、城市內的擁擠、和童工(child labour)的出現。



1819 : a young girl naked to the waste in the hot damp mine shaft.

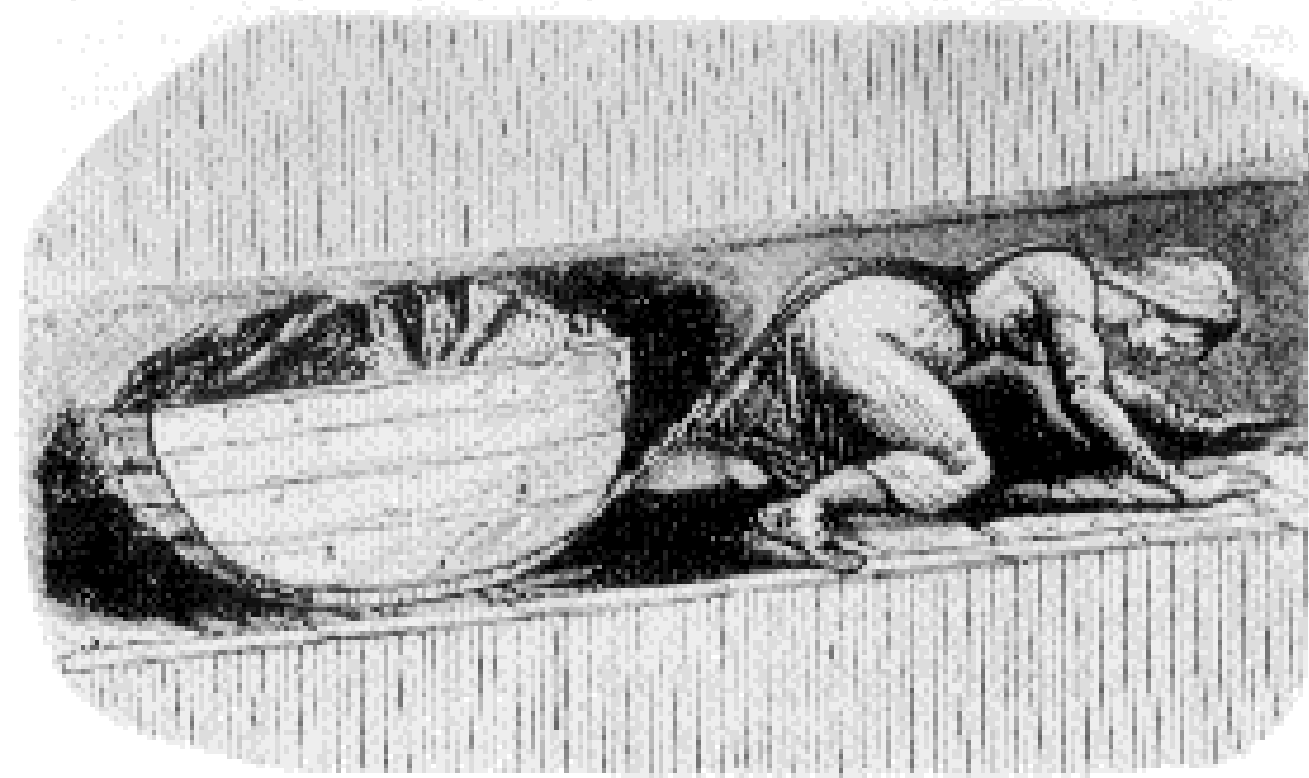


*Children had leather belts slung round them with a chain attached
so that they could pull loads*

英國許多工廠與礦場，不但危險而且不衛生，使工廠勞工的生活情況，並不會比美國大農場的奴隸好多少。機器的出現使年輕力壯的勞工，反而被廉價的婦女與童工排擠而失業。



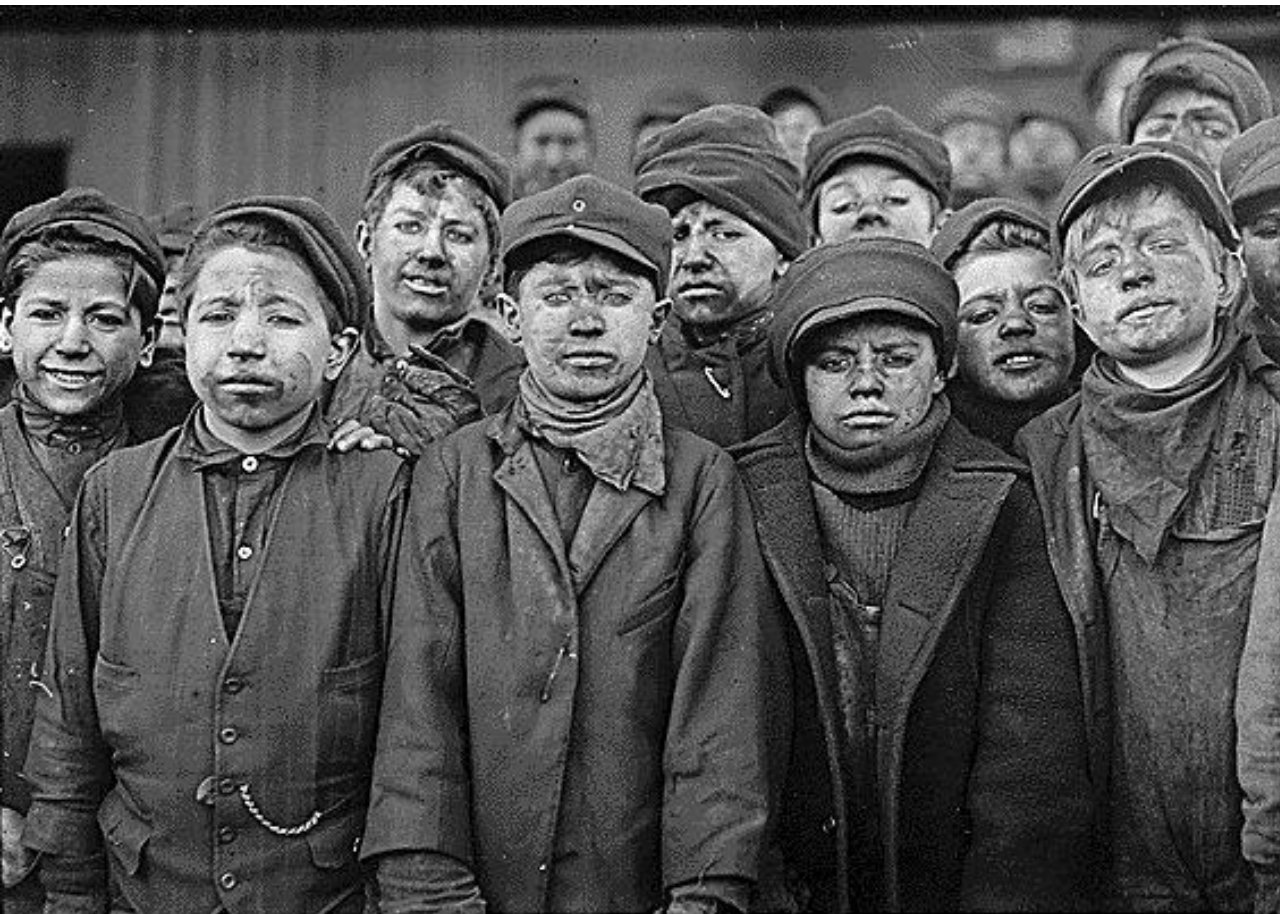
煤礦場童工的工作環境十分惡劣。

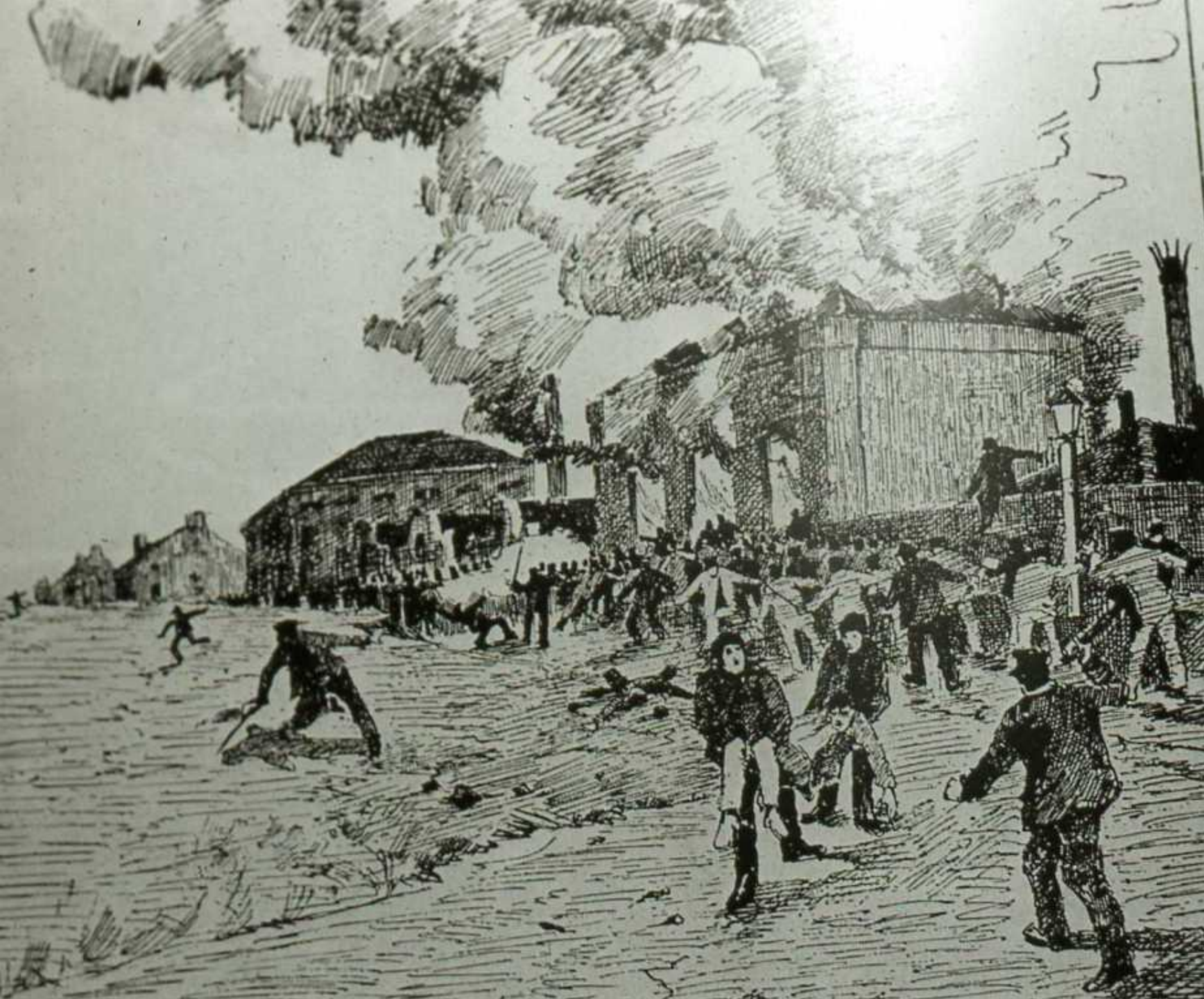


Pay day for the factory children.
pay for mill workers at the time was 7 shillings a week .
當時紡織廠童工的週薪是7先令



童工群像

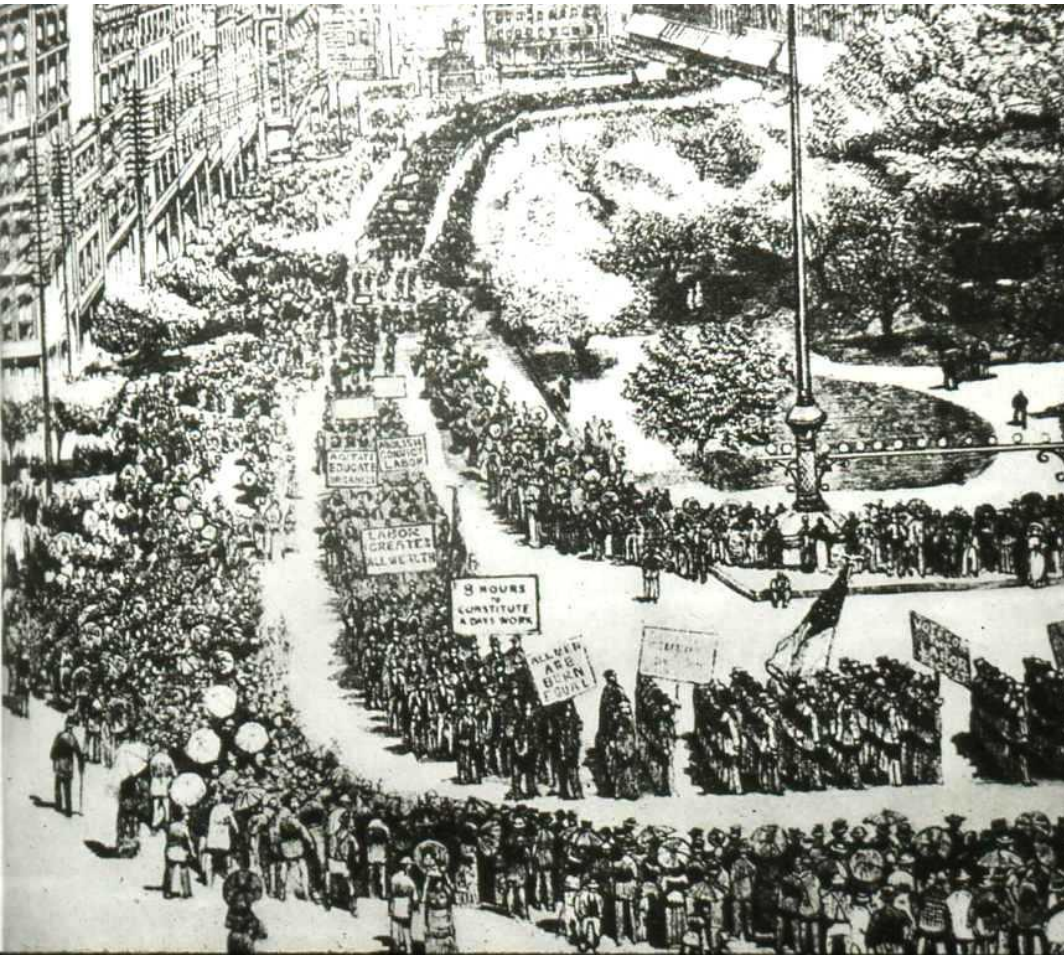




經濟理論認為等到一定數量商業與工業的主吃過苦之後，工業的輪子便會再度開始運轉，繁榮將逐漸恢復。

但當工人絕望的時候，他們常會罷工，工廠的主人會訴請警察來保護他們的財產，使勞資雙方的激烈衝突屢見不鮮。

工人絕望的時候，他們常會罷工。



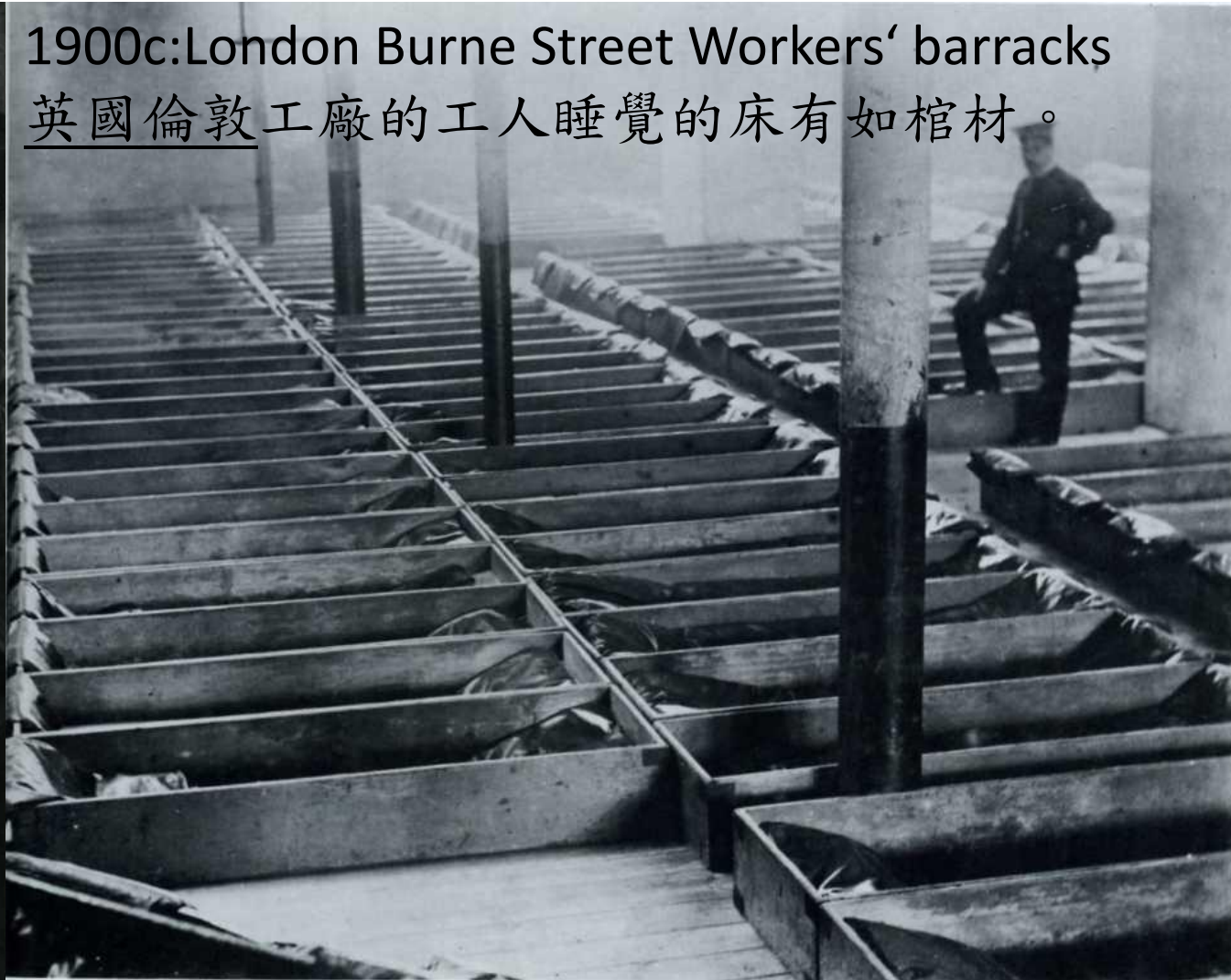
大量工廠成立，不僅造成勞資雙方對立，工人悲慘的生活及工作環境也逐漸為人重視，許多慈善機構成立，主張以社會福利制度改善窮人生活，也免費提供糧食及住所。

1900c:London poor children at food kitchen
英國倫敦貧窮的兒童

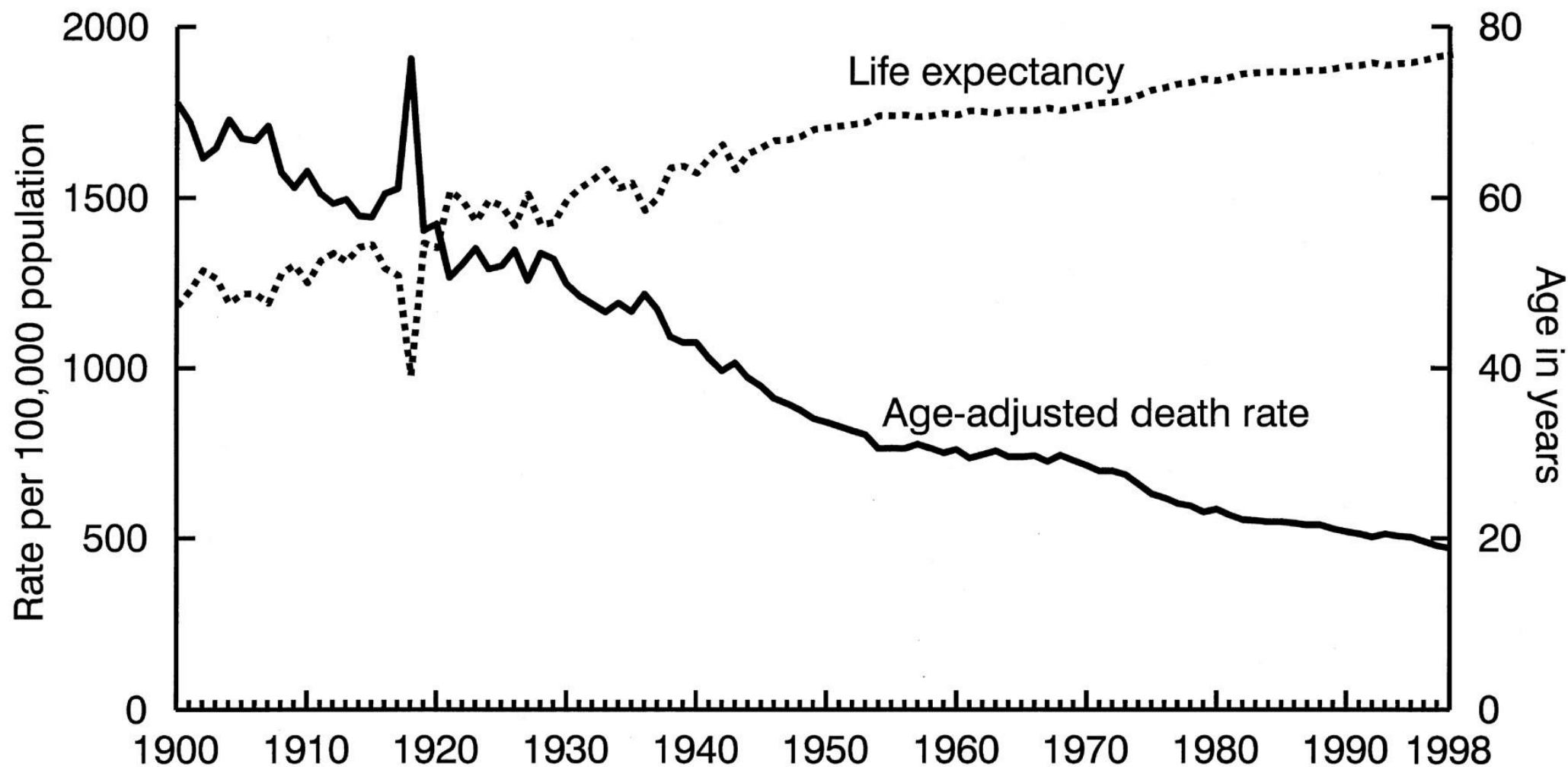


Children from the very poorest city families at the turn of the century (right) would depend for food on the soup kitchens and free hand-outs of the Salvation Army and other charitable missions, and on begging and stealing. Streets in the poorer areas had their own culture and were a constant scene of social activity. The street urchins (far right, above) and the porter at Billingsgate fish market, London, (far right, below) were both photographed in about 1900 by Paul Martin, who was one of the first photographers to exploit the new hand-held camera.

1900c:London Burne Street Workers' barracks
英國倫敦工廠的工人睡覺的床有如棺材。



物質和科學的進步，提升人類的壽命並減少死亡率，促使世界人口戲劇化的增長。也因此導致勞工過多的窘境，造成工資下降。



貧富差距導致階級問題更加嚴重，如何解決勞工問題成為工業社會的重要課題。由於鄉村人口大舉移入都市，造成都市化(Urbanization)的現象及都會區的出現；也因為經濟自由主義的興起，進而擴大了人民對民主政治的參與。



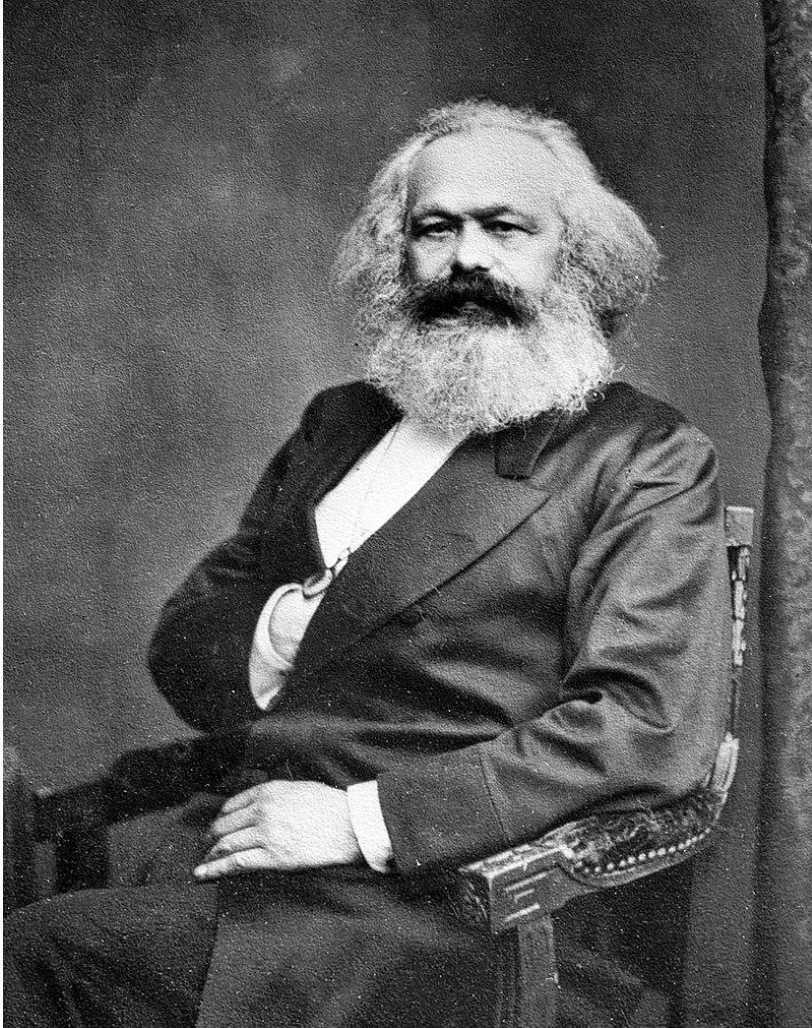
Subscribe for the
INDUSTRIAL WORKER
Foremost Exponent of Revolutionary
Industrial Unionism
Published in the English Language
One Dollar per Year
Three Months 25c
P. O. Box 2129 Spokane, Washington



PYRAMID OF CAPITALIST SYSTEM

1911年：一個工業時代的新社會金字塔形成，以Karl Marx馬克思為首的左派學說質疑工業社會造成的負面影響，失業的人們排隊領取救濟品或沿街乞討，政府沒有採取行動來協助失業者，也沒有公共福利政策，同時衍生了社會主義(Socialism)及共產主義(Communism)等思想，對日後的人類社會影響甚鉅。

Karl Marx說：「瓦特的偉大天才表現在1784年4月他所取得的專利的說明書中，他沒有把自己的蒸汽機說成是一種用於特殊目的的發明，而是把它說成是大工業普遍應用的發動機。」



Marx wrote, “The greatness of Watt’s genius showed itself in the specification of the patent that he took out in April 1784.

In that specification his steam engine is described, not as an invention for a specific purpose, but as an agent universally applicable in industry.

Karl Marx in Chapter 15 of the first volume of *Capital*, in which he explains the economic importance of machinery compared to previous means of production.

- Developed machinery consists of the motor or prime mover, the transmitting mechanism—gears, pulleys, etc.—and the tool or working machine. In the latter, Marx writes, “we rediscover in it, as a general rule, though often in highly modified forms, the very apparatus and tools used by the handicraftsman or manufacturing worker; but there is the difference that instead of being the tools of man they are the implements of a mechanism, mechanical instruments”.[4] It is the machine that is able to bring into play many tools at once that gave rise to the industrial revolution and enabled the capitalist class to extract surplus value on a more massive scale than ever before. The large-scale use of machines demanded a more efficient source of motive power.
- “The steam engine itself,” Marx writes, “such as it was at its invention during the manufacturing period at the close of the seventeenth century, and as such continued to be down to 1780, did not give rise to any industrial revolution. It was, on the contrary, the invention of machines that made a revolution in the form of steam engines necessary.”
- The importance of Watt’s steam engine was in providing a prime mover that was entirely under the control of human beings, unlike water power, which varied with the seasons and weather. Production was no longer sporadic and scattered. A steam engine could work round the clock in all seasons. It allowed industry to become concentrated in towns and an entirely new kind of city to emerge, typified by Manchester as Engels first encountered it as young man. The industrial town gathered together many thousands of workers in one place and became the crucible in which a new class came into being.